

DESAIN DAN EVALUASI KINERJA MESIN PENCACAH NILAM

Andriani Lubis^{1,3}, Tineke Mandang², Wawan Hermawan², Sutrisno²

¹Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pascasarjana – IPB University, Jl. Raya Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian – IPB University, Jl. Lingkar Akademik, Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680 Indonesia

³Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian – Universitas Syiah Kuala, Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee No. 3, Banda Aceh 23111, Indonesia
E-mail: tineke_mandang_2003@yahoo.com

ABSTRACT

Design and Performance Evaluation of Patchouli Chopping Machine. Aceh is one of the largest patchouli producing regions in Indonesia with an average contribution of patchouli production for the last 6 years of 415 tons/year. Patchouli oil is one of Indonesia's mainstay commodities compared to other essential oils. The demand of essential oils for raw materials of cosmetics, perfumes and pharmaceutical products industries continues to increase. The research objective was to design a patchouli chopper machine with the right type of cutting knife. This research was conducted using engineering methods including: problem identification, formulation of patchouli chopper machine design, prototyping, functional testing, and performance testing. The prototype of this chopper machine used an electric motor as its driving force. The machine was divided into 4 major parts, namely hopper, chopper cylinder, chopper knife and outer. The transmission section used a belt and pulley. The patchouli chopper machine used two types of cutting knife which were the circular knife and the double blade to produce a chopping size of 7-10 cm. The results of the performance test and giving weight scaled values on the patchouli chopper machine showed that double blade performance was better compared to the circular knife type to use because it had the highest score of 3.375 and could be combined in the patchouli harvester. This performance can be seen from the actual engine capacity of 255.74 kg/h, the power needed to chop patchouli stem of 528.55 W with the energy requirement of 7.44 kJ/kg, percentage of chopped length of 95.5 % and the efficiency of the electric motor was 98.1% at a blade rotational speed of 745 rpm.

Keywords: patchouli oil, chopping, cutting knife, machine capacity

ABSTRAK

Aceh merupakan salah satu daerah penghasil nilam terbesar di Indonesia dengan kontribusi produksi nilamnya selama 6 tahun terakhir rata-rata mencapai 415 ton/tahun. Minyak nilam merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia dibandingkan minyak atsiri lainnya. Kebutuhan minyak atsiri untuk bahan baku industri produk kosmetik, parfum dan farmasi terus meningkat. Tujuan penelitian adalah merancang mesin pencacah batang nilam dengan tipe pisau pemotong yang tepat. Penelitian dilakukan menggunakan metode rekayasa meliputi: identifikasi masalah, perumusan desain mesin pencacah nilam, pembuatan prototipe, uji fungsional, dan uji kinerja. Prototipe mesin pencacah menggunakan tenaga motor listrik sebagai penggeraknya terbagi menjadi 4 bagian yaitu *hopper*, silinder pencacah, pisau pencacah dan *outer*. Pada bagian transmisi menggunakan sabuk dan puli. Mesin pencacah nilam dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tipe pisau pemotong yaitu tipe *circular knife* dan tipe *double blade* untuk menghasilkan cacahan batang nilam dengan panjang ukuran cacahan 7-10 cm. Hasil uji kinerja dan penggunaan nilai bobot berskala pada mesin pencacah nilam menunjukkan bahwa penggunaan pisau pencacah tipe *double blade* merupakan pisau terbaik dibandingkan dengan tipe *circular knife* karena memiliki skor tertinggi 3,375 dan dapat digabungkan pada mesin pemanen nilam nantinya. Kinerjanya dapat dilihat dari kapasitas aktual mesin 255,74 kg/jam, daya terbesar yang dibutuhkan untuk mencacah batang nilam 528,55 W dengan kebutuhan energi pencacahan 7,44 kJ/kg, persentase panjang hasil pencacahan 95,5% dan efisiensi motor listrik 98,1% pada kecepatan putar poros pisau 745 rpm.

Kata kunci: batang nilam, pencacahan, pisau pemotong, kapasitas mesin

PENDAHULUAN

Minyak nilam adalah minyak atsiri potensial Indonesia yang paling banyak diperdagangkan di pasar dunia dan merupakan minyak nilam terbaik di dunia dan sampai saat ini belum dapat dibuat tiruannya (sintetisnya). Semakin berkembangnya industri yang membutuhkan minyak nilam baik di pasar domestik maupun pasar internasional sebagai bahan baku untuk kegiatan industri kosmetik, minyak wangi dan industri farmasi, menyebabkan kebutuhan minyak nilam juga semakin meningkat. Keadaan tersebut harus diimbangi perkembangan produksi minyak nilam dalam negeri, sehingga prospek usaha nilam akan semakin baik. Saat ini, sekitar 85% ekspor minyak atsiri Indonesia didominasi oleh minyak nilam dengan volume 1.200-1.500 ton/tahun, dan diekspor ke beberapa negara di antaranya Singapura, Amerika Serikat, Spanyol, dan negara lainnya (Ditjenbun 2020). Peningkatan nilai ekspor minyak nilam, membuat petani tanaman nilam dituntut untuk meningkatkan jumlah produksi minyak nilam tersebut.

Berdasarkan rata-rata produksi nilam per provinsi di Indonesia tahun 2015-2020, Provinsi Aceh merupakan provinsi penghasil nilam terbesar, disusul oleh Sumatera Barat, Sulawesi Tenggara, Jambi, Sumatera Utara dan Jawa Barat dengan kontribusi masing-masing sebesar 18,78%; 15,93%; 13,89%; 11,95% dan 11,69% (Ditjenbun 2019). Dari segi kuantitas Indonesia mampu memenuhi kebutuhan minyak nilam dunia, namun kualitasnya masih tergolong rendah. Rendemen dan kualitas minyak nilam dapat meningkat ketika diberikan perlakuan pendahuluan yang tepat. Rendemen optimal dengan kualitas yang baik dapat diperoleh pada saat sebelum penyulingan dilakukan perlakuan pendahuluan seperti perajangan dan pengeringan. Pencacahan secara manual membutuhkan waktu lama sehingga menghasilkan kapasitas produksi yang kecil. Kegiatan pencacahan batang nilam dengan menggunakan parang masih dilakukan

hingga saat ini dan menghasilkan kapasitas cacahan batang nilam yang masih rendah.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, satu orang petani nilam hanya dapat mencacah batang nilam secara manual maksimal sekitar 8 kg/jam atau 64 kg/hari sementara seorang petani nilam dapat memanen tanaman nilam dengan kapasitas pemanenan 40 kg/jam atau 200 kg/hari. Pencacahan nilam dengan menggunakan mesin pencacah tipe pisau planer menghasilkan kapasitas cacahan 120 kg/jam (Porawati *et al.*, 2020). Sugandi *et al.* (2016) melaporkan bahwa pemotongan terhadap rumput gajah dengan menggunakan mesin pencacah rumput gajah tipe *reel* mendapatkan hasil potongan yang cukup rapi dan seragam. Menurut Ichlas *et al.* (2012), mesin pencacah yang terdiri dari silinder pemotong tipe *reel* dan *bedknife* (pemotong diam), telah digunakan untuk mencacah bahan plastik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mesin pencacah tipe *reel bedknife* ini prosesnya kurang efisien karena proses pemotongan lama dan tenaga yang besar, mesin sering tersendat, dan pisau pemotong sering tumpul.

Rancang bangun mesin pencacah batang nilam merupakan salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan utama yang dihadapi oleh industri minyak nilam di Provinsi Aceh, yaitu untuk meningkatkan produktivitasnya. Dengan mesin perajang ini, diharapkan proses perajangan daun nilam dapat dilakukan seefisien mungkin sehingga biaya yang dikeluarkan oleh petani nilam dapat diminimalisir. Sampai saat ini, mesin pencacah nilam belum banyak digunakan oleh para petani nilam di Aceh dan penelitian terkait dengan pencacahan nilam secara mekanis tersebut masih sedikit dilakukan. Penggunaan mesin pencacah nilam yang tidak terjangkau dapat disebabkan karena harga mesin terlalu mahal di pasaran dan tidak efisien dengan ukuran yang besar. Umumnya menggunakan mesin diesel sehingga mesin pencacah nilam memerlukan bahan bakar cukup banyak. Penggunaan suku cadang hanya digunakan apabila mesin pencacah tersebut mengalami kerusakan sehingga biaya perawatan mesin sangat besar.

Oleh karena itu amat diperlukan kajian terhadap mesin pencacah nilam yang digerakkan oleh motor atau enjin yang efisien, sehingga dapat menghasilkan cacahan dalam jumlah besar dan seragam. Tujuan penelitian adalah merancang mesin pencacah batang nilam dengan tipe pisau pemotong yang tepat. Manfaat penelitian ini diharapkan bagi para petani nilam di Aceh dapat mengurangi kejerihan saat pasca panennya.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perbengkelan Metanium dan Laboratorium Lapangan Siswadhi Supardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada bulan Januari hingga Agustus 2019.

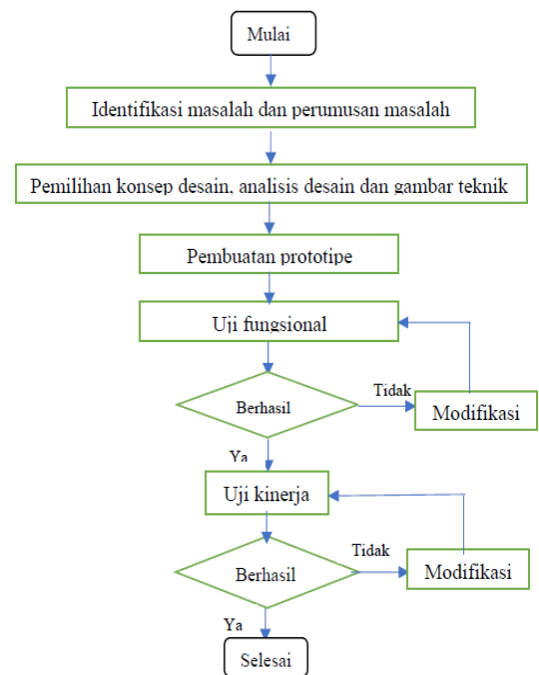
Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan untuk penelitian antara lain (1) bahan pembuatan mesin dan (2) bahan untuk pengujian. Bahan pembuatan mesin terdiri dari plat besi, plat *stainless steel*, poros, *pillow block*, baut, mur dan lain-lain. Bahan untuk pengujian adalah tanaman nilam Aceh varietas Tapak Tuan yang sudah siap dipanen berumur 8 bulan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin dan peralatan kerja bengkel, pisau pemotong jenis *circular knife* dan *doube blade*, jangka sorong digital (Nankai) dengan tingkat ketelitian 0,01 mm, timbangan digital (HWH) dengan tingkat ketelitian 0,01 g, *clamp meter*, *moisture meter*, *tachometer*.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Gambar 1. Prosesnya dimulai dari identifikasi masalah mengenai kegiatan pencacahan nilam di industri minyak nilam Indonesia saat ini, kemudian dilakukan analisis permasalahan yang ada dan pengumpulan ide-ide pemecahan masalah dengan mempertimbangkan berbagai aspek terkait. Proses selanjutnya adalah pemilihan konsep desain dari beberapa referensi

yang ada. Metode pendekatan rancangan berdasarkan pendekatan rancangan fungsional dan pendekatan rancangan struktural.



Gambar 1. Tahapan penelitian perancangan mesin pencacah nilam

Tahap selanjutnya adalah analisis fungsional dan struktural terhadap konsep yang dibuat sekaligus pemilihan bahan, diikuti pembuatan desain mesin dan gambar kerja mesin menggunakan software SolidWorks 2015 serta pembuatan prototipe berdasarkan gambar kerja. Uji fungsional dilakukan pada prototipe untuk mengetahui dan memastikan setiap bagian dapat berfungsi dengan baik. Uji kinerja dilakukan untuk mengetahui efisiensi pencacahan nilam, kebutuhan daya penggerak, dan kapasitas kerjanya. Apabila masih terdapat kekurangan, maka dilakukan modifikasi hingga diperoleh hasil lebih baik.

Kriteria Desain

Mesin pencacah batang nilam dirancang untuk mencacah batang nilam langsung dipanen tanpa mengalami proses pengeringan sebelumnya. Mesin pencacah ini merupakan bagian dari mesin pemanen nilam nantinya, secara keseluruhan perlu dirancang dengan dasar kriteria perancangan sebagai berikut:

- 1) Kapasitas chopper yang dirancang minimal adalah 200 kg/jam.
- 2) Ukuran hasil cacahan 7-10 cm, karena pada umumnya industri nilam di Aceh menggunakan ukuran cacahan sekitar 7 cm.
- 3) Motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik.

Pemilihan motor penggerak menggunakan motor bakar (baik diesel maupun gasoline) atau motor listrik perlu diperhatikan dalam desain mesin pencacah, karena penting untuk meningkatkan produktivitas proses pencacah (Priono *et al.*, 2019). Sumber listrik yang dipakai 3 fase dengan sumber dari PLN 380 V dan mempunyai arus maksimum 2 A.

- 4) Daya maksimum sebesar 1 HP.
- 5) Nilam yang diumpankan adalah bahan segar langsung dipanen.
- 6) Kadar air nilam yang diumpankan sekitar 30-40%.
- 7) Mesin yang dirancang kompak.
- 8) Mesin pencacah dapat digabungkan pada mesin pemanen nilam.

Desain Fungsional

Mesin pencacah yang dirancang (Gambar 2) terdiri dari saluran pengumpanan, saluran pengeluaran (outer) dan sebuah tabung pencacah yang berbentuk drum dan di dalamnya terdapat pisau-pisau pencacah melekat pada poros yang berputar. Fungsi utama dari pencacah adalah untuk mencacah batang nilam menjadi ukuran-ukuran kecil yang seragam. Komponen-komponen mesin pencacah ini terdiri dari:

- a. Saluran pengumpanan, berfungsi untuk tempat pemasukan bahan nilam.

- b. Tabung pencacah, berfungsi sebagai tempat penampung bahan cacahan saat dipotong.
- c. Rangka dudukan, berfungsi sebagai tempat dudukan dan berdirinya mesin.
- d. *Circular knife* dan *doubel blade*, berfungsi sebagai pisau pencacah.
- e. Pulley dan v-belt, berfungsi untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui sistem transmisi penggerak berupa v-belt.
- f. Poros, berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran.
- g. Outer, berfungsi sebagai saluran pengeluaran bahan cacahan.

Desain Struktural

Desain *chopper* nilam dengan motor listrik sebagai sumber penggerak, dibagi menjadi 4 bagian utama yaitu *hopper*, silinder pencacah, pisau pemotong, dan *outer*. Setelah desain keempat unit ini selesai, unit-unit ini dirangkai dan digabung menjadi pencacah nilam sehingga dapat mencacah nilam menjadi ukuran yang diinginkan.

Saluran Pengumpan (Hopper)

Pada saluran pengumpan didesain dengan kemiringan 45° berbentuk saluran terbuka bagian atasnya dan didesain dengan menggunakan bahan plat stainless 2 mm. Pemilihan plat stainless dilakukan karena kuat dan tahan terhadap karat.

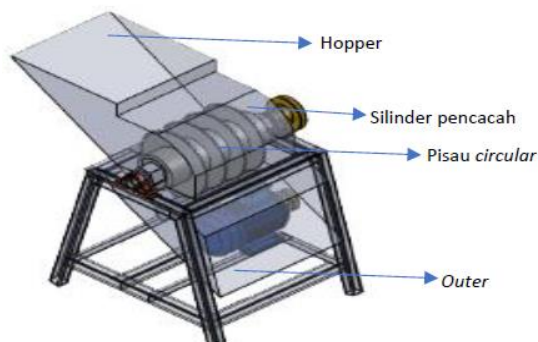
Tabung Pencacah

Tabung pencacah didesain berbentuk tabung yang bertujuan untuk memaksimalkan fungsinya, yaitu dapat menampung terna nilam saat proses pencacahan berlangsung. Tabung ini didesain dengan bahan plat stainless 2 mm. Poros pencacah dan pisau pemotong ditempatkan dalam tabung pencacah. Hasil penelitian Sularso (1978)

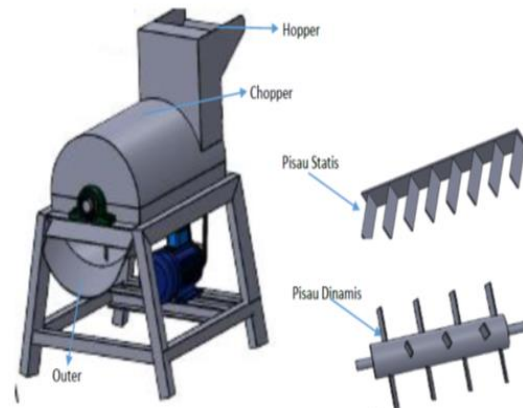
menunjukkan bahwa diameter minimal dari poros yang digunakan adalah sebesar 46 mm dengan material S45C. Dimensi alur pasak pada poros berupa persegi berukuran 4×4 mm dengan jari-jari *fillet* 1.60 mm. Poros ini ditumpu dengan bantalan poros (*pillow block*) dan selanjutnya pada salah satu ujung poros pencacah dipasang sabuk dan puli sebagai penghubung putaran dari motor penggerak ke poros pencacah.

Pisau Pencacah

Pada mesin pencacah ini terdapat dua unit mesin yang digunakan berdasarkan pisau pencacahnya yaitu tipe *circular knife* dan *double blade*. Pada pisau *circular*, posisi mata pisau diatur sedemikian rupa dengan jarak 7 cm melekat pada sebuah poros yang berputar. Berbeda halnya dengan pisau *double blade* yang mempunyai dua jenis pemotong yaitu pisau statis dan dinamis. Setiap susunan pisau dengan pisau berikutnya, posisi pisau diperhitungkan jaraknya sekitar 7 cm dan ujung mata pisau dinamis saat berputar tidak bertemu dengan ujung pisau statis. Pisau pencacah terbuat dari baja keras dengan ketebalan 1,5 cm. Gambar pisau pencacah pada rancangan mesin pencacah tipe *circular blade* dan *double blade* dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Rancangan mesin pencacah nilam tipe *circular knife*



Gambar 3. Rancangan mesin pencacah nilam tipe *double blade*

Analisis Teknik

Analisis teknik yang dipertimbangkan dalam pencacahan ini meliputi kebutuhan daya, dan analisis unit transmisi. Analisis teknik menguji kekuatan bahan dari masing-masing komponen pencacah dengan melakukan pengukuran dimensi, perhitungan teoritis dan pengamatan langsung ketika mesin beroperasi.

Kebutuhan Daya Penggerak

Analisis kebutuhan daya dapat diketahui secara teoritis dan aktual. Analisis ini diperlukan untuk menentukan jumlah daya yang dibutuhkan oleh suatu mesin ketika memulai proses pencacahan dari awal input bahan sampai akhir proses. Daya yang dihasilkan ketika mesin dioperasikan berasal dari pergerakan transmisi mesin bersama dengan komponen mesin lainnya yang saling berhubungan satu sama lain dan proses perubahan energi listrik menjadi energi mekanik, yang menggerakkan bilah pemotong di ruang pencacahan. Kebutuhan daya secara teoritis pada mesin pencacah (Tabel 1) didasarkan pada tahanan potong maksimum dari batang nilam yang dicacah secara bersamaan.

Tabel 1. Analisis kebutuhan daya pada mesin pencacah secara teoritis

Parameter	Simbol	Tipe <i>circular Knife</i>	Tipe <i>doubel blade</i>	Unit	Keterangan
Kecepatan putar	n_{CH}	745	745	rpm	
Jari-jari pisau	R_{pisau}	0,11	0,12	m	
Panjang batang yang dicacah	L_N	0,5	0,5	m	
Ukuran cacahan	C_N	7	7	cm	
		0,07	0,07	m	
Jumlah titik potong	C_P	3,57	3,57	buah	Persamaan 1
Gaya potong max 1 point	F_{max-1P}	30,61	30,61	N	
Gaya potong max n-point	$F_{max nP}$	109,31	109,31	N	Persamaan 2
Torsi	T_{CH}	10,93	13,11	Nm	
Daya	P_{CH}	937,59	1024,20	Watt	Persamaan 3
		0,94	1,02	kW	
		1,26	1,37	HP	

Kebutuhan daya untuk menggerakkan mekanisme kerja pencacahan dihitung secara teoritis dengan persamaan-persamaan berikut:

$$C_P = \frac{L_N}{2 \cdot C_N} \quad (1)$$

$$F_{max nP} = F_{max-1P} \times g \times C_P \quad (2)$$

$$P_{CH} = F_{max nP} \times R_{pisau} \times \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (3)$$

Analisis kebutuhan daya pencacahan secara aktual dapat dilakukan dengan menghitung selisih dari daya listrik yang terpakai saat pencacahan dan sebelum pencacahan dilakukan. Rumus yang digunakan sesuai dengan persamaan 4.

$$P_a = \sqrt{3} \times v \times I \times \cos \phi \quad (4)$$

Keterangan: P_a = Daya pencacahan secara aktual (HP), I = arus listrik (A), v = tegangan (volt), dan faktor daya ($\cos \phi = 0,85$)

Analisis Unit Transmisi

Chopper nilam ini menggunakan sabuk dan *pulley* sebagai unit transmisinya. Kecepatan putar dari motor penggerak sebesar 1490 rpm dan diameter pada *pulley* motor adalah 3 inci.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian (Sugandi *et al.*, 2018; Mathur dan Singh, 2004), kecepatan putar pisau pencacah untuk melakukan pencacahan adalah pada kisaran lebih besar dari 250 - 1000 rpm. Sistem transmisi puli-sabuk digunakan dari poros motor hingga poros pencacah dengan varian ukuran diameter *pulley* 6, 8, dan 10 inci. Dengan menggunakan persamaan 5 maka diperoleh kecepatan putar 445-746 rpm pada poros pencacah. Perbandingan transmisi dalam sistem transmisi belt-pulley dapat dihitung dengan persamaan 5 sebagai berikut:

$$\frac{n_m}{n_c} = \frac{d_c}{d_m} \quad (5)$$

Keterangan:

n_m = kecepatan putar pada motor penggerak (rpm)

n_c = kecepatan putar pada silinder pencacah(rpm)

d_m = diameter pada pulley motor (inci)

d_c = diameter pada pulley silinder pencacah (inci)

Pengujian Kinerja

Kapasitas Kerja Mesin

Kapasitas kerja mesin merupakan kemampuan mesin pencacah untuk mencacah bahan per satuan waktu, yang dinyatakan dengan satuan kg/jam. Kapasitas kerja mesin ini dapat ditentukan dengan persamaan:

$$K_a = \frac{m}{t} \quad (6)$$

dengan: K_a = kapasitas kerja aktual (kg/jam), m = berat hasil cacahan nilam (kg), t = total waktu pencacahan (jam)

Persentase Panjang Cacahan

Persentase panjang hasil pencacahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$Ppc = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100 \% \quad (7)$$

dengan: Ppc = persentase panjang hasil pencacahan (%), m_1 = massa cacahan nilam dengan ukuran 7-10 cm (kg), m_2 = massa cacahan nilam dengan ukuran lebih dari 10 cm (kg).

Efisiensi Kinerja Motor listrik

Efisiensi kinerja motor listrik adalah persentase daya aktual pencacahan dibagi dengan suplai daya motor listrik, sesuai dengan persamaan 8.

$$\eta_m = \frac{P_a}{P_s} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana: η_m = efisiensi kerja motor listrik (%), P_a = daya aktual pencacahan (watt), P_s = suplai daya motor listrik (watt).

Kebutuhan Energi Pencacahan

Energi yang dibutuhkan untuk memotong batang dapat dikategorikan sebagai energi kinetik yang dibutuhkan untuk mempercepat pencincangan bahan dan energi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan bahan cincangan terhadap bagian stasioner mesin (Chattopadhyay dan Pandey, 1999; Kronbergs, 2000). Energi pencacahan merupakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk mencacah batang nilam dalam 1

kg. Kebutuhan energi pencacahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9:

$$E_c = \frac{P_a}{K_a} \times 3600 \quad (9)$$

Keterangan: E_c = Energi pencacahan (kJ/kg), P_a = Daya aktual pencacahan (kW), K_a = Kapasitas aktual (kg/jam)

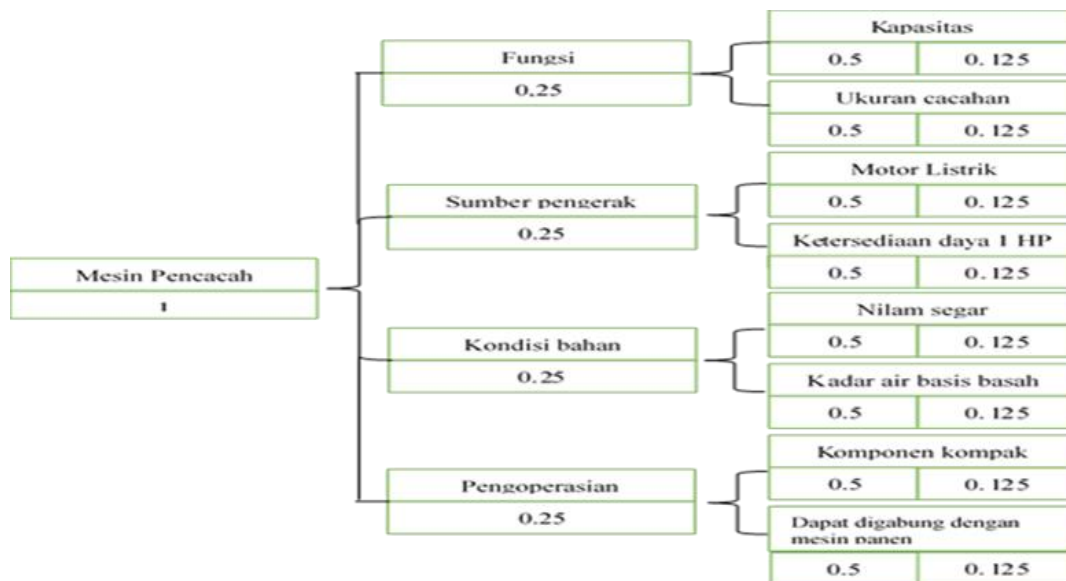
Evaluasi Kinerja Berskala

Evaluasi kinerja berskala dapat dilakukan dengan menggunakan kriteria perancangan mesin pencacah. Pemberian nilai bobot berskala (Gambar 4) berdasarkan kriteria desain yang digunakan, dititik beratkan pada sifat utama yang diinginkan untuk solusi akhir yaitu penentuan jenis pisau pemotong yang tepat pada mesin pencacah agar dapat digabungkan pada mesin panen nilam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

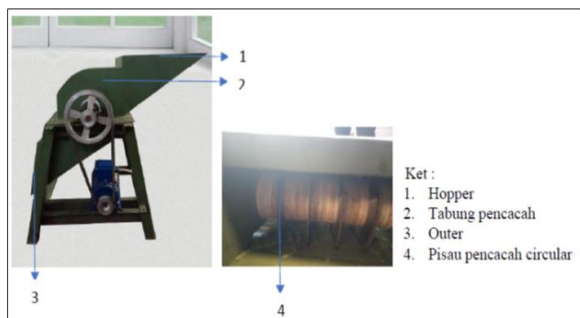
Pembuatan Prototipe Mesin Pencacah Nilam Tipe Circular Knife dan Tipe Double Blade

Mesin pencacah nilam dengan pisau pemotong tipe *circular knife* (Gambar 5) dan tipe *double blade* (Gambar 6) dibuat setelah perhitungan desain gambar dan analisis teknis selesai dilakukan. Setiap komponen dirangkai dan disusun sesuai dengan gambar desain yang dibuat, sedangkan untuk pembuatan rangkanya terbuat dari besi siku agar mampu menahan beban saat mesin beroperasi. Langkah selanjutnya adalah uji fungsional dan kinerja untuk memastikan apakah mesin telah berhasil dibuat sesuai dengan desain awal atau masih memerlukan beberapa perbaikan. Jika hasilnya bagus, maka performanya akan selesai.



Gambar 4. Pemberian bobot berskala

Uji fungsional dilaksanakan untuk mengetahui apakah komponen/bagian dari mesin pencacah sudah bekerja dengan baik. Hasil pengamatan lapang menunjukkan bahwa semua bagian/komponen telah berfungsi dengan baik. Bagian yang diamati adalah sistem penerusan daya dan putaran pisau. Pada kondisi ini diperoleh hasil cacahan yang cukup baik yang dapat dilihat dari hasil cacahan batang nilam yang terpotong di atas 60% dan panjang potongannya antara 7 – 10 cm.

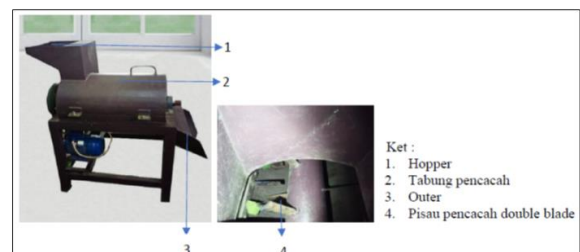


Gambar 5. Mesin pencacah nilam dengan tipe *circular knife*

Evaluasi Kinerja Mesin Pencacah

Hasil Uji Kinerja

Berdasarkan Tabel 2, variasi kecepatan putar menunjukkan bahwa penggunaan kecepatan putar poros pisau pada mesin pencacah akan mempengaruhi kapasitas pencacahan, daya pencacahan dan energi spesifik pencacahan. Kapasitas mesin pencacah batang nilam sangat ditentukan oleh besarnya putaran (rpm) pisau pencacah dan kapasitasnya akan berbanding lurus dengan meningkatnya putaran pisau, dan hasil cacahan banyak yang tercacah. Sesuai dengan Aprillianingtias *et al.* (2015), kecepatan putar



Gambar 6. Mesin pencacah nilam dengan tipe *double blade*

tertinggi yaitu 1.900 rpm pada mesin perajang daun cengkeh tipe sisir menghasilkan kapasitas terbesar senilai 1.022,21 kg/jam. Hermawan *et al.* (2018) menambahkan bahwa kecepatan rata-rata 700 rpm menghasilkan kapasitas rata-rata rajangan bawang merah 13,57 kg/jam. Kapasitas rajangan bawang merah pada kecepatan 600; 525 rpm berturut-turut menghasilkan 11,77 kg/jam dan 10 kg/jam.

sehingga penggunaan motor listrik 1 HP masih dapat digunakan untuk pencacahan nilam pada penelitian ini.

Analisis daya pencacahan nilam dengan kadar air 35-40% secara teoritis menggunakan persamaan 3 dan secara aktual menggunakan persamaan 4 dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar nilai kecepatan putar rotor pencacah maka

Tabel 2 Hasil rata-rata uji kinerja mesin pencacah nilam

Jenis pisau pencacah	Kecepatan putar poros pisau (rpm)	Kapasitas pencacahan (kg/jam)	Kebutuhan daya pencacahan teoritis (watt)	Kebutuhan daya pencacahan aktual (watt)	Kebutuhan energi pencacahan (kJ/kg)
Circular	744	182,30	937,59	405,44	8,00
	562	156,50	703,51	399,71	9,19
	445	124,13	562,55	348,03	10,09
Doubel Blade	746	255,74	1.024,21	528,55	7,44
	552	235,04	747,67	520,61	7,97
	450	209,64	613,70	496,21	8,52

Pada Tabel 2 pengujian kinerja, digunakan putaran poros pencacah maksimum pada 746 rpm dan menghasilkan kapasitas kerja mesin pencacah tertinggi pada tipe *double blade* dengan nilai 255,74 kg/jam. Besarnya kapasitas mesin dapat ditentukan oleh volume bahan yang masuk ke mesin pencacah. Balayo *et al.* (2017) dalam penelitiannya terhadap mesin pencacah makanan ternak, menunjukkan bahwa kenaikan diameter *pulley* hingga 5 inci menyebabkan kecepatan putar mesin *chopper* meningkat sehingga menghasilkan kapasitas pencacahan terbesar pada 450,42 kg/jam.

Besarnya daya yang digunakan dipengaruhi beban yang dikenakan pada pemotong. Pada volume bahan sama akan memberi dampak sama terhadap daya yang digunakan. Rata-rata nilai kebutuhan daya aktual pencacahan tiap variasi kecepatan putar rotor pencacah kurang dari 1 HP

semakin tinggi nilai kebutuhan daya teoritis dan juga daya aktual pencacahannya. Hal ini dapat disebabkan karena semakin cepat putaran pisau pemotong maka semakin banyak bahan nilam yang tercacah sehingga daya listrik yang dibutuhkan semakin besar. Elfatih *et al.* (2010) menyatakan bahwa kebutuhan daya pencacahan jerami padi meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan drum pemotong. Peningkatan kecepatan drum pemotong dari 56,6 m/s menjadi 70,7 m/s, meningkatkan daya yang digunakan hingga 6,71 kW. Menurut Ghaly *et al.* (2013), peningkatan kecepatan pemotongan jerami sereal hingga 2500 rpm akan meningkatkan penggunaan konsumsi daya tertinggi pada 7,76 HP.

Berdasarkan hasil perhitungan, besarnya energi pencacahan dipengaruhi dan berbanding lurus dengan daya aktual pencacahan serta

berbanding terbalik dengan kapasitas aktual. Semakin besar daya yang diperlukan untuk mencacah, maka semakin besar pula energi yang dihasilkan mesin untuk mencacah batang nilam per kilogram dan mengakibatkan semakin sedikit kapasitas aktual yang diperoleh.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini, energi pencacahan batang nilam terbesar adalah 10,09 kJ/kg yang dihasilkan pada mesin pencacah tipe pisau *circular* pada kecepatan putar poros pisau 445 rpm. Pada 3 variasi kecepatan putar poros pisau menunjukkan bahwa pencacah tipe *circular* memiliki konsumsi energi pencacahan paling besar dibandingkan dengan tipe *double blade*. Hal ini dapat disebabkan karena tipe *circular* memiliki jumlah pisau yang lebih sedikit (4 pisau *circular*) sehingga menyebabkan batang nilam yang tercacah juga sedikit dan mengakibatkan kapasitas aktual yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Tavakoli *et al.* (2009), yang menyatakan bahwa penggunaan 8 mata pisau pada setiap bingkai menghasilkan partikel jerami gandum yang jauh lebih baik dan menurunkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memotong jerami dibandingkan yang menggunakan 4 mata pisau pada setiap bingkai. Menurut Elfatih *et al.* (2010), kebutuhan energi pemotongan jerami padi menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan drum pemotong. Peningkatan kecepatan drum dari 56,6 m/s menjadi 70,7 m/s mampu menurunkan konsumsi energi tertinggi dari 12,29 kW h/ton menjadi 11,18 kW h/ton.

Persentase panjang hasil pencacahan dapat diketahui dari mutu hasil cacahan yang diperoleh berdasarkan persentase panjang cacahan yang diinginkan sekitar 7–10 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil cacahan dengan panjang 7 – 10 cm untuk tipe pisau *circular* pada kecepatan putar poros pisau pencacah 745 rpm mencapai 67% dan untuk pencacah tipe *double blade* sekitar 95% (Gambar 7). Mutu hasil cacahan dapat dipengaruhi oleh keseragaman arah bahan yang masuk ke dalam mesin pencacah. Pada pisau tipe *circular*, bahan yang masuk posisinya melintang akan terpotong secara normal dan yang

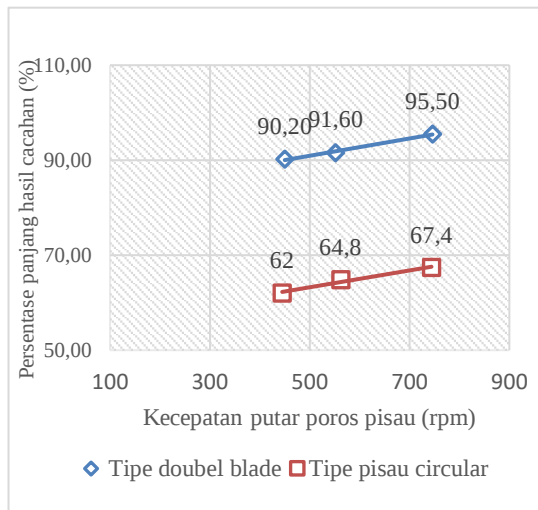
menghasilkan cacahan 7 – 10 cm sedangkan bahan masuk posisinya tegak akan menghasilkan panjang potongan lebih besar dari 10 cm. Berbeda dengan pencacah tipe *double blade*, dalam posisi apapun bahan yang diumpan, akan menghasilkan cacahan diatas 90%. Hal ini disebabkan karena saat bahan tidak terpotong pada satu bagian, maka bahan tersebut akan terkena pada bagian pisau lainnya yang sedang berputar atau dari pemotongan pisau bergerak, batang nilam akan diarahkan ke pisau statis untuk pemotongan berikutnya.



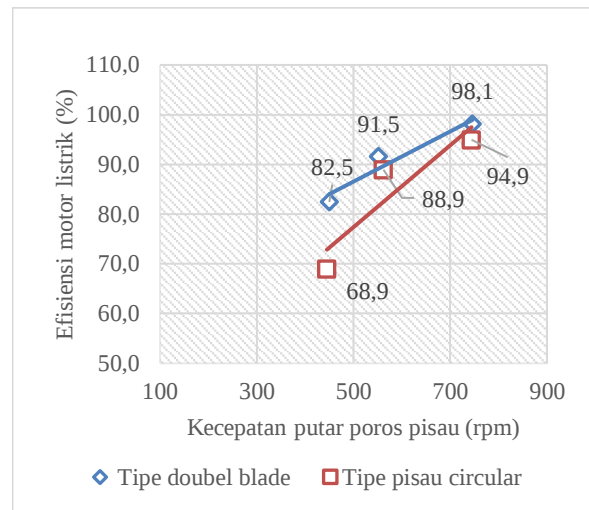
Gambar 7. Hasil cacahan nilam dengan mesin chopper (A) Tipe *circular knife* dan (B) Tipe *double blade*

Nilai persentase panjang hasil pencacahan pada mesin pencacah batang nilam pada Gambar 8 menunjukkan bahwa mesin pencacah tipe *double blade* memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan tipe pisau *circular*. Nilai 90% ke atas sudah memenuhi standar berdasarkan SNI (2013) untuk mesin pencacah minimalnya adalah 80%, sehingga mesin ini layak untuk digunakan.

Efisiensi motor listrik (Gambar 9) bernilai maksimum terdapat pada penggunaan mesin pencacah tipe *double blade* sebesar 98,1% menunjukkan daya yang digunakan 98,1% dari suplai daya listrik. Semakin tinggi kecepatan putar dari poros pisau maka semakin besar daya motor listrik yang digunakan. Penggunaan motor listrik



Gambar 8. Persentase panjang hasil pencacahan nilam



Gambar 9. Persentase efisiensi motor listrik

3 fasa yang memiliki daya besar, efisien untuk kebutuhan daya mesin pencacah yang mempunyai kecepatan putar poros pisau tertinggi pada 746 rpm.

Berdasarkan hasil uji kinerja untuk kedua jenis pisau pemotong menunjukkan bahwa kenaikan dari kecepatan putar poros pisau pemotong dapat meningkatkan kapasitas pencacahan, kebutuhan daya pencacahan, persentase panjang hasil pencacahan dan efisiensi

penggunaan motor listrik kecuali pada kebutuhan energi spesifik pencacahan.

Kinerja berskala pembobotan

Penentuan kriteria evaluasi kinerja dengan menggunakan skala penilaian pembobotan yang diperoleh dari Gambar 4, dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai poin (P) dari 1-4 pada Tabel 3 tersebut, mempunyai arti sebagai berikut: (1) kurang, (2) cukup, (3) baik dan (4) sangat baik.

Tabel 3. Kriteria evaluasi

No	Kriteria evaluasi	Bobot (B)	Tipe circular knife		Tipe double blade	
			Poin (P)	B*P	Poin (P)	B*P
1	Kapasitas cacahan	0,125	1	0,125	3	0,375
2	Ukuran cacahan	0,125	2	0,250	4	0,500
3	Penggerak motor listrik	0,125	2	0,250	3	0,375
4	Ketersediaan daya maks 1 HP	0,125	3	0,375	3	0,375
5	Kondisi nilam yang diumpankan	0,125	4	0,500	4	0,500
6	Kadar air bahan	0,125	4	0,500	4	0,500
7	Komponen mesin kompak	0,125	3	0,375	3	0,375
8	Dapat digabung dengan mesin panen	0,125	1	0,125	3	0,375
Jumlah		1	Jumlah	2,500	Jumlah	3,375

Hasil perhitungan bobot kriteria menunjukkan bahwa pisau pemotong tipe *double blade* memiliki skor lebih tinggi dibandingkan tipe *circular kinife* sehingga dapat dipilih sebagai unit pencacah nilam yang akan dipakai dalam tahap perancangan mesin pemanen nilam.

KESIMPULAN

Hasil uji kinerja dan pemberian nilai bobot berskala pada mesin pencacah nilam menunjukkan bahwa penggunaan pisau pencacah tipe *double blade* merupakan pisau terbaik yang digunakan karena memiliki skor tertinggi 3,375. Proses pencacahan batang nilam menghasilkan kapasitas aktual terbesar 255,74 kg/jam, persentase panjang hasil pencacahan 95,5% pada ukuran 7-10 cm, efisiensi motor listrik 98,1%, daya pencacahan 528,55 watt, dan konsumsi energi pencacahan 7,44 kJ/kg yang diperoleh pada kecepatan putar tertinggi yaitu 745 rpm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan Kementerian Keuangan atas dukungan dana yang diberikan melalui program dana penelitian Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia (BUDI) tahun anggaran 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprillianingtias, I.W., M. Lutfi, dan W.A. Nugroho. 2015. Uji kinerja mesin perajang daun cengkeh (*crusher*) tipe sisir. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 3(3): 287-294.
- Balayo, S.A., R.M. Paca, A.L. Salmazan, dan Y.A.B. Mangorsi. 2017. Design, fabrication, and evaluation of forage chopper machine using three different diameter pulleys. International Journal of Humanities and Social Sciences, 9(2): 100-113.
- Chattopadhyay, P.S. dan K.P Pandey. 1999. Effect of knife and operational parameters on energy requirement in flai forage harvesting. Journal of Agricultural Engineering Researc., 73(1): 3-12.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Pekebunan. 2020. Harumnya nilam primadona dunia. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/harumnya-nilam-primadona-dunia/>. [diakses tanggal 1 Agustus 2020].
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Pekebunan. 2019. Statistik perkebunan Indonesia. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Elfatih, A., E.M. Arif, dan A.E. Atef. 2010. Evaluate the modified chopper for rice straw composting. Journal of Applied Sciences Research, 6(8): 1125-1131.
- Ghaly, A.E., A. Ergudenler, S. Al Suhaibani, dan V.V. Ramakrishnan. 2013. Development and evaluation of straw chopping system for fluidized bed gasifiers. The International Journal of Engineering and Science, 2(10): 97-110.
- Hermawan, C.R., S. Widodo, C. Pramono, dan S. Hastuti. 2018. Pengaruh variasi diameter *pulley* pada mesin perajang bawang merah terhadap kapasitas rajangan. Journal of Mechanical Engineering, 2(2): 32-38.
- Ichlas, N., Nofriadi, dan Rusmardi. 2014. Pengembangan mesin pencacah sampah/limbah plastik dengan system crusher dan silinder pemotong tipe reel. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014. Jakarta, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
- Kronbergs, E. 2000. Mechnaical strength testing of stalk materials and compacting energy

- evaluation. *Industrial Crops and Products*. 11: 211-216.
- Mathur, S. dan P. Singh. 2004. Development and performance evaluation of a water hyacinth chopper cum crusher. *Biosystems Engineering*, 88(4): 411-418.
- Porawati, H., Darmuji, dan A.I. Rifa'i. 2020. Uji kinerja mesin pencacah tumbuhan nilam dengan kapasitas 120 kg/jam. *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 16(2): 68–74.
- Priono, H., M.Y. Ilyas, A.R. Nugroho, D. Setyawan, L. Maulidiyah, dan R.A. Anugrah. 2019. Desain pencacah serabut kelapa dengan penggerak motor listrik. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 3(1): 23-28.[SNI] Standar Nasional Indonesia 7875.1. 2013. Mesin pencacah hijauan pakan ternak - syarat mutu dan metode uji - bagian 1: tipe vertikal. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sugandi, W.K., A. Yusuf, dan S. Muhammad. 2016. Desain dan uji kinerja mesin pencacah rumput gajah tipe reel. *Jurnal Teknotan*, 10(1): 52-60.
- Sugandi, W.K., Zaida, A. Yusuf, A. Thoriq, dan A. Kramadibrata. 2018. Designing of straw chopper machine for compost production. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(5): 2122-2127.
- Sularso dan K. Suga 1987. Dasar perencanaan dan elemen mesin. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Tavakoli H., S.S. Mohtasebi, A. Jafari, dan D. Mahdavinejad. 2009. Power requirement for particle size reduction of wheat straw as a function of straw threshing unit parameters. *American Journal of Crop Science*, 3(4): 231-236.