

Pengaruh Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Terhadap Kinerja Mesin Parut Sagu Tipe Silinder

Effects of Teeth Geometry and Rotation Speed on the Performance of Cylinder Type Sago Rasping Machine

Darma^{1✉}, Reniana¹, Budi Santoso², Jhonson Waromi²

¹Jurusan Teknik Pertanian dan Biosistem - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Papua

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Papua

✉Penulis Korespondensi, Email: darmabond@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v10i3.413-424>

Naskah ini diterima pada 12 Juli 2021; revisi pada 23 Agustus 2021;
disetujui untuk dipublikasikan pada 3 September 2021

ABSTRACT

Sago rasping machine or sago rasper is the most commonly used in sago processing both for small and large scale. Its function is to reduce the size or to disintegrate sago pith into smaller particles. By doing so, the starch contained in the pith can be separated in the subsequent process. The amount of starch resulted depends on the size of rasped pith. The smaller the pith is rasped the higher the starch can be extracted. The purpose of this research was to test the effect of teeth geometrical shape and cylinder rotation speed on performance of sago rasping machine. There are four types of teeth geometrical shape namely cylinder, pyramid, screw, and cube and three levels of cylinder rotation speed they are 1500 rpm, 2000 rpm and 2500 rpm were tested. Results showed that the rasping capacity was affected significantly by the two single factors as well as its interaction of teeth geometrical shape and cylinder rotation speed. Similarly, starch yield and starch losses in waste were significantly affected by teeth geometrical shape. Meanwhile, starch yield and starch losses in waste were not affected significantly by cylinder rotation speed and the interaction of the two factors. The best performance was resulted at the treatment of teeth geometrical shape of screw with the speed of cylinder rotation 2500 rpm. The performances at the treatment were: (a) rasping capacity was 918 kg/h, (b) starch yield was 48%, (wb), (c) starch loss in waste was 15.1%.

Keywords: *cylinder type, rasping performance, sago rasping machine, teeth geometry*

ABSTRAK

Mesin parut sagu atau pamarut sagu merupakan alat yang paling umum digunakan pada proses pengolahan sagu baik skala kecil maupun besar. Mesin parut sagu berfungsi untuk mengecilkan ukuran atau menghancurkan empulur sagu menjadi partikel yang lebih kecil sehingga pati yang terkandung di dalamnya dapat dipisahkan pada proses selanjutnya. Jumlah pati yang bisa diekstrak tergantung pada tingkat kehalusan empulur hasil parutan. Semakin halus empulur hasil parutan maka semakin banyak pati yang dihasilkan pada saat ekstraksi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh geometri gerigi dan kecepatan putar terhadap kinerja mesin parut sagu tipe silinder. Bentuk geometri gerigi yang diuji pada penelitian adalah ulir, silinder, limas dan balok, masing-masing diuji pada tiga taraf kecepatan putar silinder yaitu 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder serta interaksi antara kedua faktor berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kapasitas pamarutan, rendemen pati dan kehilangan pati pada ampas; namun interaksi kedua faktor tidak berpengaruh secara nyata. Kinerja tertinggi dihasilkan pada bentuk geometri gerigi ulir dengan kecepatan putar silinder 2500 rpm. Kinerja mesin parut pada perlakuan tersebut yaitu (a) kapasitas pamarutan 918 kg/jam, (b) rendemen pati 48%, dan (c) kehilangan pati pada ampas 15,1%.

Kata Kunci: geometri gerigi, kinerja pamarutan, mesin parut sagu, tipe silinder

I. PENDAHULUAN

Pengembangan sagu nasional merupakan salah satu program prioritas pemerintah

dalam pengembangan industri berbasis perkebunan yang diamanahkan dalam Perpres No.18 tahun 2020 tentang RPJM nasional tahun 2020-2024. Hal tersebut didasarkan

pada potensi sagu nasional yang besar yaitu sekitar 5,5 juta ha. Sebagian besar potensi sagu nasional tersebut yaitu 96,5% atau 5,26 juta ha terdapat di Provinsi Papua dan Papua Barat (Djoefrie *et al.*, 2014; Bintoro *et al.*, 2018; UP4B, 2014). Walaupun potensi sagu di kedua provinsi ini sangat besar, namun sampai saat ini pengelolaan dan pemanfaatannya baru sekitar 3,93% dari potensi yang ada. Hal ini berarti bahwa jutaan ton pati sagu terbuang sia-sia setiap tahun karena tidak dipanen. Rendahnya pengelolaan dan pemanfaatan sagu ini terutama disebabkan karena sebagian besar pengolahan sagu yang dilakukan masyarakat khususnya di Papua dan Papua Barat masih bercorak subsisten menggunakan peralatan tradisional. Di sisi lain, walaupun saat ini di Papua Barat telah beroperasi 2 industri pengolahan sagu moderen dengan kapasitas besar yang dikelola swasta, namun karena kedua pabrik tersebut hanya mengolah sagu yang ada dalam areal konsesinya. Padahal areal sagu tersebar luas hampir di seluruh kabupaten di Papua dan Papua Barat sehingga sebagian besar potensi sagu belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk menanggulangi kendala tersebut, perlu dikembangkan dan kemudian diintroduksi ke masyarakat mesin pengolahan sagu yang sesuai dengan kondisi lokal sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat petani sagu.

Metode dan prinsip pengolahan sagu atau ekstraksi pati sagu pada dasarnya sama baik pada pengolahan secara tradisional maupun mekanis, perbedaan dari keduanya hanya pada alat-alat yang digunakan dan kapasitas produksi (Kamal *et al.*, 2007; Rajyalakshmi, 2004, Karim *et al.*, 2008). Tujuan dari pengolahan sagu adalah memisahkan pati dari bagian-bagian empulur batang lainnya. Salah satu tahapan penting pada proses pengolahan sagu adalah penghancuran empulur batang (pith disintegration) yang bertujuan untuk menghancurkan dinding sel jaringan empulur batang. Granula pati berada dalam sel-sel jaringan empulur, tanpa menghancurkan dinding sel maka pati tidak dapat dipisahkan dari serat (fiber) saat proses ekstraksi. Oleh karena itu, jumlah pati yang bisa diekstrak pada proses ekstraksi tergantung pada proporsi jumlah sel-sel empulur yang hancur. Semakin halus partikel yang dihasilkan maka

semakin banyak pati yang bisa terekstrak (Cecil, 1992; Colon dan Annokke, 1984).

Pemaruhan (rasping/grating) menggunakan mesin parut sagu merupakan metode yang paling umum digunakan untuk penghancuran struktur seluler empulur sagu. Ada dua tipe mesin parut yang biasa digunakan untuk pengolahan sagu yaitu tipe silinder dan tipe piringan. Mesin parut tipe silinder lebih populer dan lebih banyak digunakan dibandingkan dengan tipe piringan. Komponen fungsional dari mesin parut tipe silinder berupa silinder berputar (rotating cylinder) yang diberi gerigi penghancur. Karakteristik gerigi penghancur merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja mesin parut sagu. Darma *et al.*, (2014; 2017; 2019) menggunakan gerigi berdiameter 4 mm, tinggi 2 cm dengan ujung runcing. Hermanto *et al.* (2011) menguji 3 jenis gerigi yaitu berupa jarum, gergaji besi dan rantai chain saw yang ditancapkan pada silinder kayu, dengan hasil terbaik adalah gerigi dari jarum. Reniana *et al.*, (2017) menggunakan gigi dari kawat stainless steel berdiameter 4 mm, tinggi 15 mm berujung tumpul. Thoriq dan Sutejo (2017; 2018) menggunakan gerigi berdiameter 3 mm, tinggi 15 mm dengan ujung tumpul/rata. Selanjutnya Darma *et al.*, (2020) menguji 4 ukuran diameter gerigi yaitu 3 mm, 4 mm, 5 mm dan 6 mm, tinggi 20 mm dengan ujung tumpul. Mesin parut tipe Jahn menggunakan gerigi berupa bilah logam berbentuk seperti gergaji yang dipasang pada silinder (Cecil, 1992).

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu sebagaimana tersebut di atas, menunjukkan karakteristik gerigi (bentuk geometri, diameter, tinggi, jarak antar gigi, pola susunan, dan kecepatan linier) mempengaruhi kinerja mesin parut sagu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder terhadap kinerja mesin parut sagu tipe silinder

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari bahan untuk konstruksi mesin parut sagu dan bahan

untuk uji kinerja. Bahan untuk konstruksi adalah besi siku 5 cm x 5 cm x 0.5cm, plat stainless steel SS 304 tebal 2 mm, plat stainless steel SS 304 tebal 1 mm, poros/as SS 201 Ø 25.5 mm, kawat SS 201 Ø 4 mm, besi ulir SS 201 Ø 4 mm, bearing unit UCP 205, motor bensin Honda GX 160 berdaya 5,5 hp, pulley Ø 7.62 cm dan Ø 10.16 cm, V-belt A-49, silinder Ø 15 cm panjang 20 cm, engsel bubut Ø 12 mm, dan electrode las listrik RB 2,6 dan NSN 308. Bahan untuk pengujian kinerja yaitu empulur batang sagu, air bersih dan bahan bakar bensin.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan mesin parut yaitu mesin bubut, alat las listrik, gurinda, saw mill, bor listrik, ragum, meteran, tang, dan berbagai ukuran kunci pas/ring, obeng dan tang. Peralatan untuk pengujian kinerja yaitu: tacho meter digital, timbangan duduk digital kapasitas 100 kg dengan ketelitian 0.01 kg, *stop watch*, saringan pati 120 mesh, karung goni, waskom, *chain saw*, kampak, parang, ember dan blender.

2.2. Pelaksanaan dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan mesin parut sagu, dan uji kinerja.

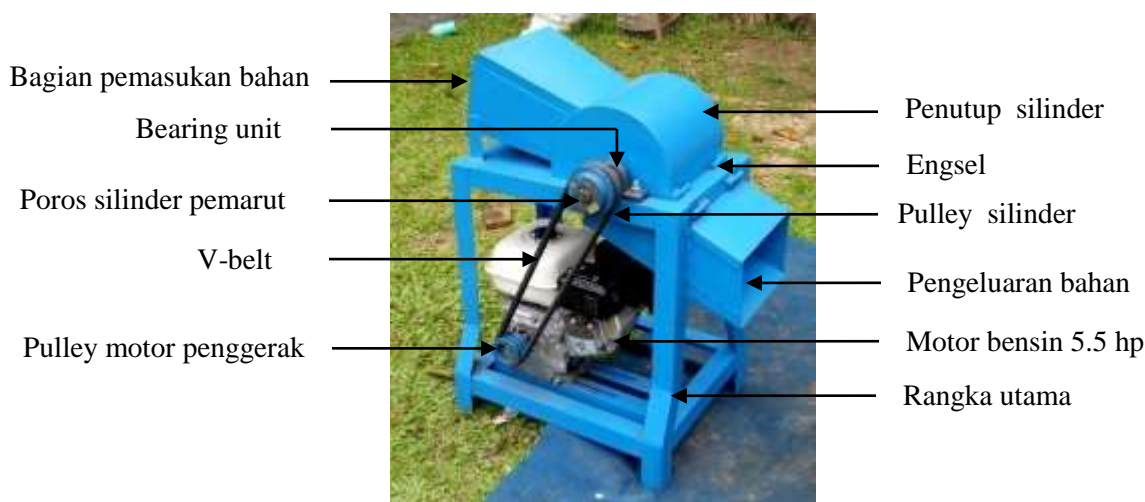
2.2.1. Pembuatan Mesin Parut Sagu

Konstruksi mesin parut sagu yang dibuat sama dengan prototype terdahulu (Darma *et al.*, 2014; 2017; 2019). Bagian proses (*process component*) berupa silinder pamarut terbuat dari kayu mahoni dan dilapisi dengan plat stainless steel SS 304. Pada permukaan keliling

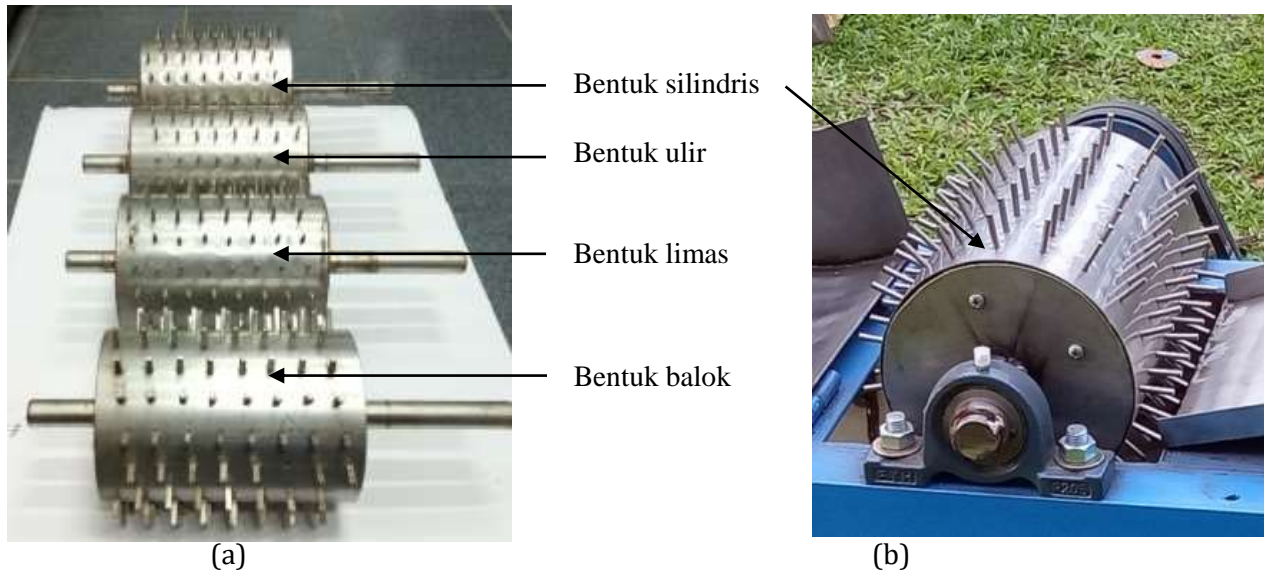
silinder dipasang gerigi dengan jarak antar gigi 2,5 cm x 2,5 cm dan tinggi 2 cm. Pada penelitian ini dibuat 4 unit silinder dengan karakteristik yang berbeda. Bagian-bagian lainnya adalah (1) rangka utama, (2) motor penggerak, honda GX 160T 5,5 hp, (3) saluran pemasukan bahan/hopper, (4) saluran pengeluaran, (5) penutup silinder dan (6) komponen transmisi daya, menggunakan pulley dan V-belt. Konstruksi mesin parut secara keseluruhan dan komponen silinder serta gigi pamarut ditampilkan berturut-turut pada Gambar 1, 2 dan 3.

2.2.2. Uji Kinerja dan Analisis Data

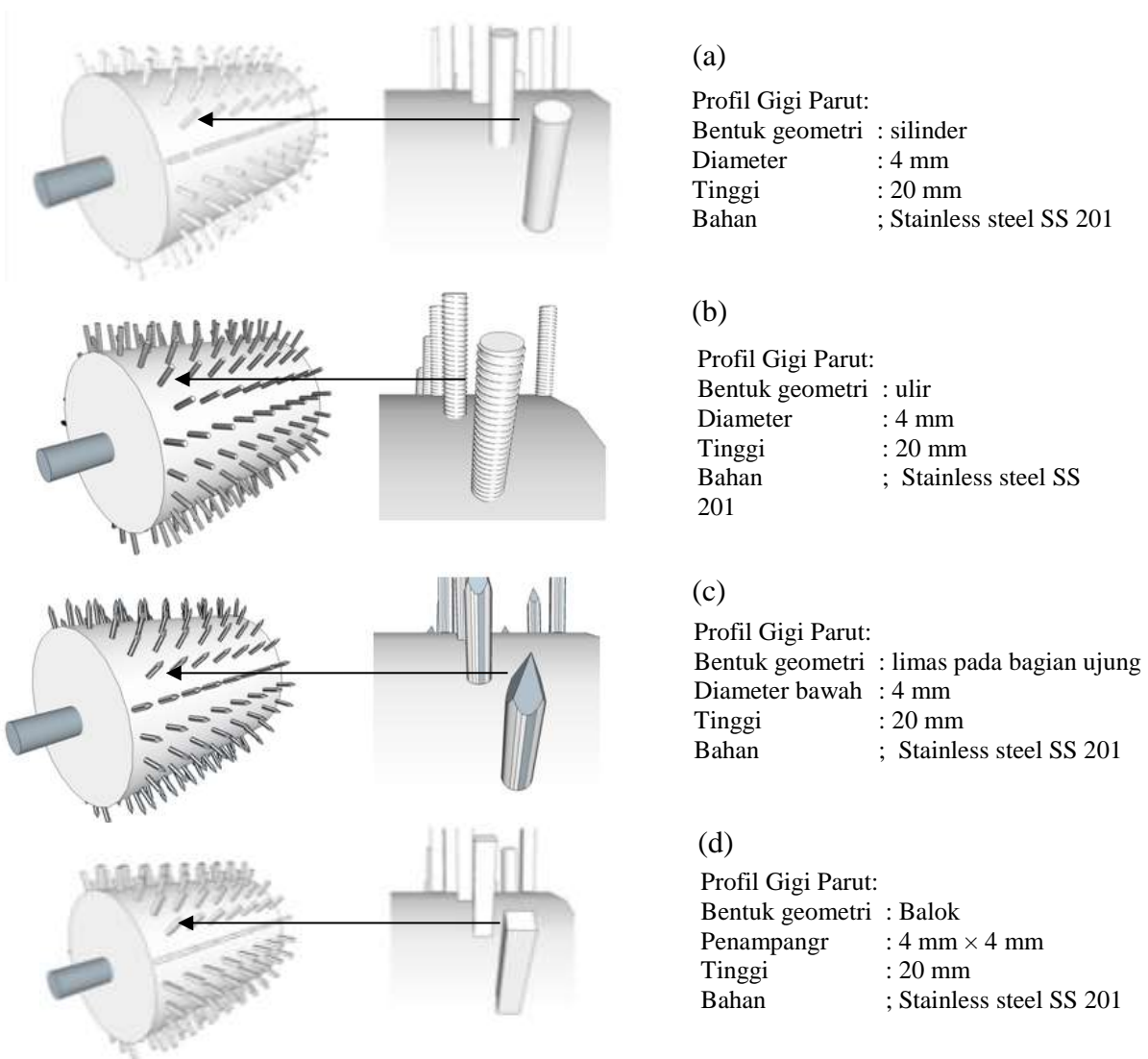
Perlakuan (variabel bebas) yang diuji pada penelitian ini terdiri dari 2 faktor yaitu (1) bentuk geometri gerigi, terdiri dari 4 bentuk yaitu ulir (G1), silindris (G2), limas (G3) dan balok (G4), (2) kecepatan putar silinder, terdiri dari 3 level yaitu (1) 1500 rpm (V1), (2) 2000 rpm (V2) dan (3) 2500 rpm (V3). Jadi ada 12 kombinasi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Evaluasi kinerja dilakukan dengan mengukur variabel terikat (*dependent variable*): (1) kapasitas pamarutan, (2) rendemen pati dan (3) kehilangan pati pada ampas (*starch losses*). Analisis varian dua-arah (two way ANOVA) digunakan untuk menganalisis data hasil pengukuran dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (LSD) jika ada perbedaan pengaruh yang nyata antar perlakuan. Tahapan pengujian kinerja mesin disajikan pada Gambar 4.



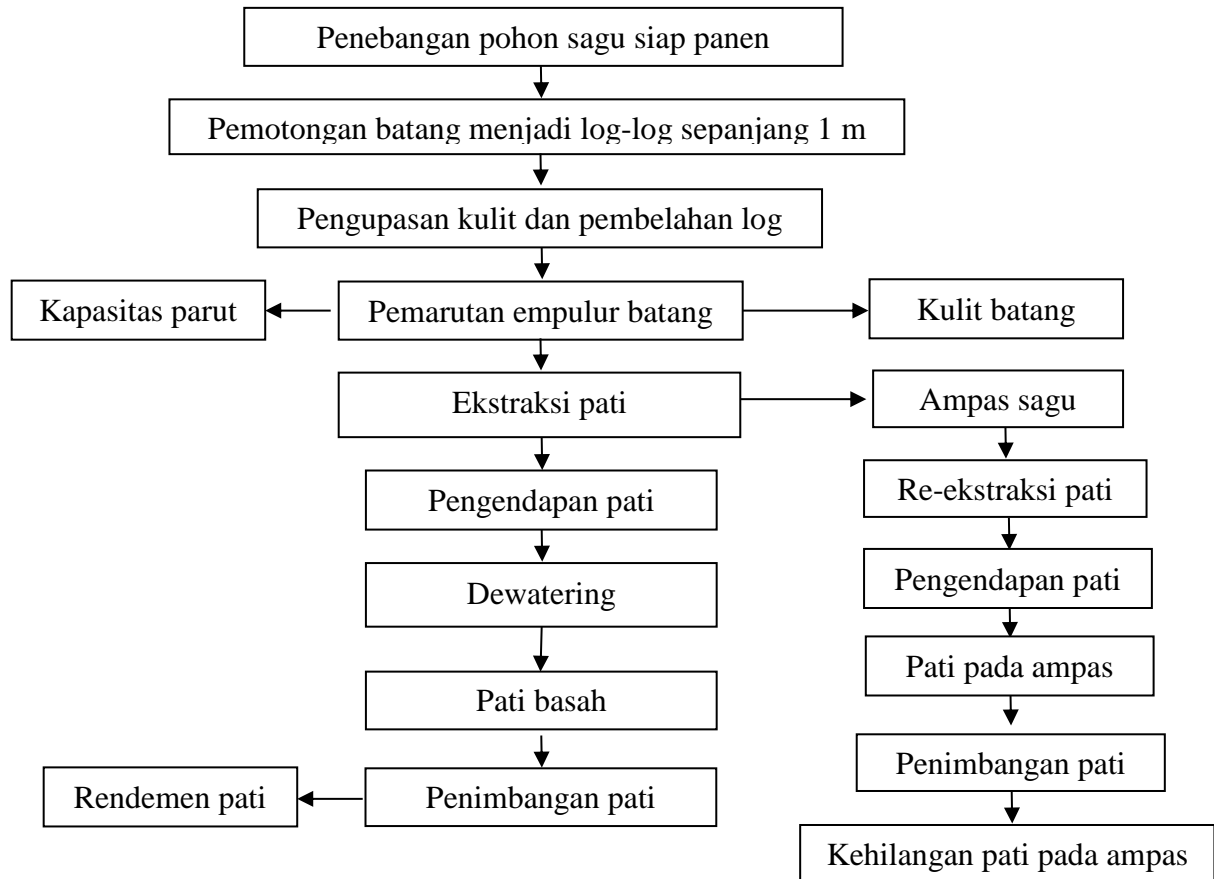
Gambar 1. Konstruksi Keseluruhan (*Overall Construction*) Mesin Parut Sagu Tipe Silinder



Gambar 2. (a) Silinder Parut dengan Geometri Gigi Berbeda dan (b) Silinder Parut Terpasang Siap Uji



Gambar 3. Bentuk Geometri Gigi: (a) Silindris, (b) Ulir, (c) Limas, dan (d) Balok



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pengujian Kinerja Mesin pada Berbagai Bentuk Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder

Prosedur pengujian untuk masing-masing parameter adalah sebagai berikut:

(1) Kapasitas pamarutan

Mesin parut sagu menggunakan system pamarutan dengan pengupasan kulit batang. Sebelum proses pamarutan, terlebih dahulu dilakukan pengupasan kulit (*debarking*). Selanjutnya empulur batang dibelah-belah berbentuk balok berukuran 10 cm × 10 cm × 100 cm dengan menggunakan *chain saw* (Gambar 5). Proses pamarutan dilakukan secara end on direction (pengumpanan bahan tegak lurus terhadap silinder pamarut, gerigi searah dengan serat) (Gambar 6). Kecepatan putar silinder disesuaikan perlakuan yang diuji dengan mengatur kecepatan putar poros motor penggerak (*engine*). Empulur hasil parutan disebut repos (Cecil, 1992; Manan et al, 2011) atau di daerah Maluku dan Papua disebut ela (Girsang, 2018 dan Darma et al., 2019; 2020) dikumpulkan dan ditimbang sebelum ekstraksi pati. Kapasitas pamarutan

dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$R_C = \frac{w_R}{t} \quad (1)$$

dimana R_C adalah kapasitas pamarutan (kg/jam); w_R adalah massa empulur hasil parutan atau repos (kg); dan t adalah waktu pamarutan (jam).

(2) Rendemen pati

Hancuran empulur batang hasil parutan (repos/ela) diekstraksi patinya secara manual menggunakan saringan 120 mesh. Pati hasil ekstraksi ditimbang massanya dan rendemen pati diperoleh dengan menggunakan persamaan (2):

$$R_p = \frac{w_s}{w_R} \times 100\% \quad (2)$$

dimana R_p adalah rendemen pati (%), dan w_s adalah massa pati basah (kg).

(3) Kehilangan pati pada ampas (*losses*)

Tidak semua kandungan pati pada jaringan empulur batang dapat terekstrak pada proses ekstraksi. Hanya pati yang telah dalam keadaan terbebas (*freed starch*) yang bisa terekstrak sedangkan yang belum terbebas (*unfreed starch*) tetap terikat dalam sel-sel jaringan empulur dan terbuang dalam ampas sagu. Persentase kehilangan pati pada ampas ditentukan dengan mengambil 200 g sampel ampas pada setiap unit percobaan untuk

diproses lebih lanjut. Sampel ampas tersebut diblender selama 5 menit untuk kemudian diekstraksi kembali kandungan patinya. Persentase kehilangan pati pada ampas diperoleh menggunakan persamaan (3):

$$Pa = \frac{m_{pa}}{m_a} \times 100\% \quad (3)$$

dimana Pa adalah persentase pati pada ampas (%), m_{pa} adalah masa pati pada ampas, dan m_a adalah massa ampas.



Gambar 5. Penyiapan Empulur Batang Sagu Sebelum Proses Pamarutan



Gambar 6. Proses Pamarutan untuk Uji Kinerja Mesin pada Berbagai Perlakuan yang Diuji

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kapasitas Pamarutan

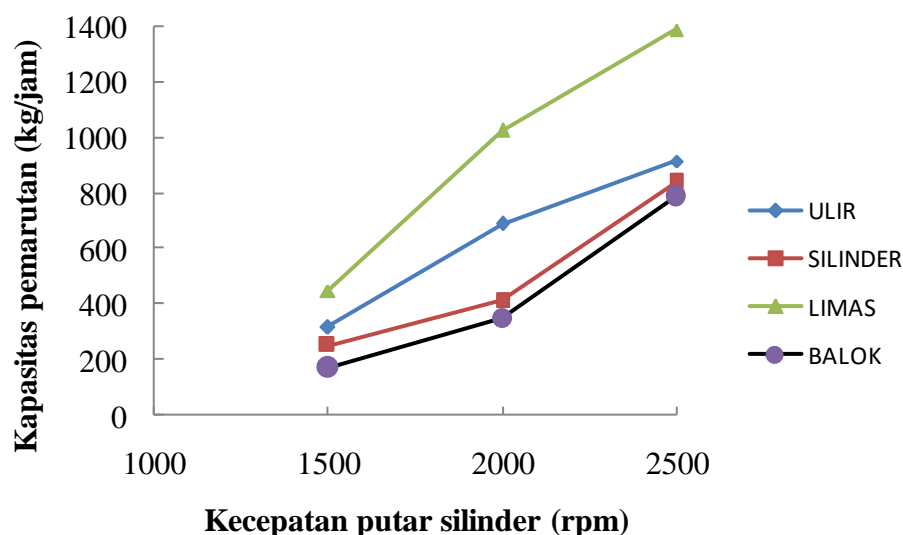
Hasil analisis variant menunjukkan bahwa interaksi antara bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder berpengaruh sangat nyata terhadap kapasitas pamarutan. Demikian juga dengan masing-masing faktor baik bentuk geometri gigi maupun kecepatan putar silinder berpengaruh sangat nyata terhadap kapasitas pamarutan. Kapasitas

pamarutan rata-rata dari berbagai kombinasi perlakuan bentuk geometri gigi parut dan kecepatan putar silinder ditampilkan pada Tabel 1. Dari tabel terlihat bahwa pada semua bentuk geometri gerigi, semakin tinggi kecepatan putar selinder maka semakin tinggi kapasitas pamarutan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan putar silinder maka proses pamarutan berlangsung semakin cepat selama daya dari sumber tenaga penggerak masih mencukupi untuk mengatasi ketahanan pemotongan atau *cutting resistance*

Tabel 1. Kapasitas Pamarutan Rata-rata (kg/jam) dari Berbagai Kombinasi Perlakuan Bentuk Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder

Bentuk Geometri gerigi	Kecepatan putar silinder (rpm)		
	1500 rpm (V1)	2000 rpm (V2)	2500 rpm (V3)
Ulir (G1)	320 ^b A	690 ^b B	918 ^b C
Silinder (G2)	252 ^{ab} A	413 ^a B	842 ^{ab} C
Limas (G3)	450 ^c A	1028 ^c B	1392 ^c C
Balok (G4)	172 ^a A	350 ^a B	791 ^a C

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT (LSD) pada taraf α : 5%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca arah vertikal (kolom)



Gambar 7. Grafik Pola Interaksi antara Bentuk Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder

dari bahan yang diparut. Proses pamarutan (*rasping/grating*) adalah proses pemotongan (*cutting*) dengan menggunakan banyak mata potong (berupa gerigi). Menurut Sitkey (1986), semakin tinggi kecepatan pisau pemotong maka kebutuhan energi pemotongan semakin kecil sehingga proses berlangsung lebih cepat. Hasil ini konsisten dengan hasil penelitian Darma *et al.*, (2014; 2017 dan 2020) dan Manan (2011). Sementara itu, pada kecepatan putar silinder yang sama kapasitas pamarutan tertinggi diperoleh pada bentuk geometri gerigi limas (G3) yang berbeda nyata dengan bentuk gerigi lainnya dan terendah pada gerigi berbentuk balok (G4). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pamarutan lebih tinggi pada gerigi berbentuk limas dibandingkan dengan

bentuk lainnya. Tingginya kapasitas pamarutan pada gerigi berbentuk limas terkait dengan kebutuhan gaya atau torsi untuk pamarutan lebih rendah, hal ini karena bentuk limas ujungnya lebih tajam sehingga lebih mudah untuk membelah. Sebaliknya, kapasitas pamarutan terendah pada gerigi berbentuk balok disebabkan karena membutuhkan gaya pamarutan yang lebih tinggi.

Pengaruh interaksi yang berbeda nyata menunjukkan bahwa bentuk geometri gerigi yang berbeda memberikan pengaruh yang tidak sama pada saat terjadi perubahan kecepatan putar silinder. Pola interaksi antara bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder disajikan pada Gambar 7.

Tabel 2. Rendemen Pati Rata-rata (%) pada Berbagai Perlakuan Bentuk Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder

Bentuk geometri gerigi	Kecepatan putar silinder (rpm)			Rata-rata
	1500 rpm (V1)	2000 rpm (V2)	2500 rpm (V3)	
Ulir (G1)	41.0	42.9	48.0	44,0 ^b
Silinder (G2)	42.6	41.3	40.6	41,5 ^b
Limas (G3)	36.9	29.7	37.6	34,7 ^a
Balok (G4)	47.2	40.9	39.9	42,7 ^b
Rata-rata	41,9	38,7	41,5	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom terakhir tidak berbeda nyata menurut uji BNT (LSD) pada taraf $\alpha = 5\%$.

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa untuk semua bentuk geometri gerigi, kapasitas pamarutan meningkat saat terjadi peningkatan kecepatan putar silinder, namun ada perbedaan gradient peningkatan. Pada bentuk geometri gerigi limas dan ulir, pada saat kecepatan putar silinder ditingkatkan dari 1500 rpm ke 2000 rpm, kapasitas pamarutan meningkat dengan tajam kemudian meningkat dengan gradient yang lebih rendah dari 2000 rpm ke 2500 rpm. Sebaliknya, untuk bentuk geometri gerigi silinder dan balok, pada awalnya yaitu dari 1500 rpm ke 2000 rpm kapasitas pamarutan meningkat secara moderat disusul peningkatan yang tajam dari 2000 rpm ke 2500 rpm.

Kapasitas pamarutan tertinggi yaitu 1392 kg/jam (Tabel 1) diperoleh pada perlakuan bentuk geometri gerigi limas pada kecepatan putar silinder 2500 rpm. Hasil ini konsisten dengan hasil penelitian Darma *et al.*, (2019) yang menggunakan gerigi berbentuk runcing (kerucut), namun lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Thoriq dan Sutejo (2017), Reniana *et al.* (2017) dan Thoriq dan Sutejo. (2018) dengan kapasitas pamarutan berturut-turut kg/jam 649,38, 322,53 kg/jam dan 571,15 kg/jam. Hasil ini juga lebih tinggi dari hasil penelitian Alua *et al.*, (2021) dan Darma *et al.*, (2020) dengan kapasitas pamarutan berturut-turut 920 kg/jam dan 1065 kg/jam. Kapasitas pamarutan yang lebih tinggi pada hasil penelitian ini selain disebabkan karena karakteristik gerigi, juga karena bahan (empulur) yang diparut berbentuk balok sehingga proses pamarutan berlangsung lebih efektif.

3.2. Rendemen Pati

Berdasarkan hasil analisis variant menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh interaksi yang nyata antara bentuk geomtry gerigi dan kecepatan putar silinder terhadap rendemen pati. Demikian pula dengan faktor tunggal kecepatan putar silinder tidak memberikan pengaruh yang nyata, namun faktor tunggal bentuk geometri gerigi berpengaruh secara nyata. Rendemen pati rata-rata pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa rendemen pati tertinggi dihasilkan pada bentuk geometri gerigi ulir (G1) namun tidak berbeda nyata dengan gerigi berbentuk silinder (G2) dan balok (G4) dan terendah pada gerigi berbentuk limas (G3). Rendemen pati yang rendah pada gerigi berbentuk limas menunjukkan bahwa penghancuran empulur tidak optimum untuk membebaskan kandungan pati dibandingkan dengan bentuk gerigi lainnya. Hal ini disebabkan karena hancuran empulur (rasped pith yang dihasilkan pada gerigi berbentuk limas dengan ujung yang tajam tidak banyak mengalami deformasi sehingga lebih sedikit dinding sel yang hancur (rupture). Manan (2011) mengemukakan bahwa pamarutan merupakan metode yang umum digunakan untuk menghancurkan dinding sel empulur sagu untuk membebaskan pati. Mode penghancuran dinding sel merupakan faktor penting untuk membebaskan pati. Pamarutan bertujuan menghancurkan sel-sel empulur (*pith cells*) sehingga pati dapat dipisahkan dari ampas pada proses ekstraksi. Tanpa

menghancurkan dinding sel empulur, maka pati tidak bisa dipisahkan dari ampas. Semakin banyak dinding-dinding sel empulur yang hancur maka semakin banyak pati yang dihasilkan (Cecil, 1992).

3.3 Kehilangan Pati pada Ampas

Hasil analisis variant menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dari interaksi antara bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder terhadap kehilangan pati pada ampas. Hal yang sama dengan faktor tunggal kecepatan putar silinder juga tidak berpengaruh nyata terhadap kehilangan pati pada ampas, namun bentuk geometri gerigi berpengaruh nyata. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Darma *et al.* (2020) yang menguji kinerja mesin parut sejenis pada berbagai diameter gerigi dan kecepatan putar silinder. Kehilangan pati rata-rata pada ampas ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa kehilangan pati pada ampas rata-rata tertinggi yaitu 20,9% diperoleh pada gerigi berbentuk limas (G3) yang tidak berbeda nyata dengan gerigi berbentuk silinder (G2). Kehilangan pati pada ampas terendah yaitu 14,3% adalah pada gerigi berbentuk balok (G4) namun tidak berbeda nyata dengan gerigi berbentuk ulir (G1). Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Darma *et al.* (2017 dan 2020) dan Darma dan Triyanto (2015) dengan kehilangan pati pada ampas berturut-turut 8,83%, 15% dan 11,39%. Persentase kehilangan pati pada ampas yang tinggi pada gerigi berbentuk limas menunjukkan bahwa masih banyak sel-sel jaringan empulur yang tidak hancur pada saat proses pamarutan. Pati

yang diperoleh dari proses ekstraksi hanyalah yang telah terbebas (*freed starch*), sedangkan pati yang belum terbebas (*unfreed starch*) tetap terperangkap dalam sel-sel empulur dan hilang atau terbuang bersama ampas.

Persentase kehilangan pati karena tidak terekstrak dan terikut pada ampas tergantung pada kecanggihan metode pengolahan yang digunakan. Menurut Cecil (1992) dan Azudin dan Lim (1991), jumlah pati yang diekstraksi dari empulur batang sagu hanya berkisar antara 25-41 % dari kandungan pati total. Menurut Manan *et al.* (2001) dan Mishima (2018), jumlah pati sagu yang bisa diekstrak di beberapa industri pengolahan sagu komersil hanya mencapai 55 – 70 % (basis kering) dari total kandungan pati. Sisanya tetap terperangkap dalam sel-sel parenchyma atau pada serat (*sago fibres*) dan terbuang bersama ampas (Adeni *et al.*, 2013). Cecil *et al.* (1982) melaporkan bahwa jumlah pati yang terbuang bersama ampas sagu pada beberapa pabrik pengolahan sagu di Serawak Malaysia bervariasi antara 19,5–29,4%. Karim *et al.* (2008) melaporkan bahwa jumlah pati yang terbuang bersama ampas sagu di Malaysia Timur saja sekitar 50.000 ton per tahun. Beberapa studi telah dilakukan untuk mengambil kembali (*recover*) pati yang terikut pada ampas sagu (*sago pith waste*). Santoso *et al.* (2015) menggunakan alat penggiling tepung mikro (*micro powder milling*) dan dapat meningkatkan hasil sebesar 17%. Beberapa pabrik di Malaysia menggunakan *hammer mill* untuk menghancurkan ampas sagu lebih lanjut (*secondary rasping*), namun hanya mampu meningkatkan hasil antara 3–5% (Cecil, 1992). Metode lain untuk mengambil pati pada ampas

Tabel 3. Kehilangan Pati pada Ampas Rata-rata (%) pada Berbagai Perlakuan Bentuk Geometri Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder

Bentuk geometri gerigi	Kecepatan putar silinder (rpm)			Rata-rata
	1500 rpm (V1)	2000 rpm (V2)	2500 rpm (V3)	
Ulir (G1)	15.8	16.2	13.2	15,1 ^a
Silinder (G2)	19.8	21.5	17.8	20.1 ^b
Limas (G3)	20.9	20.7	21.2	20.9 ^b
Balok (G4)	14.0	13.8	15.0	14,3 ^a
Rata-rata	17.7	18.4	15.8	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom terakhir tidak berbeda nyata menurut uji BNT (LSD) pada taraf $\alpha = 5\%$.

sagu adalah secara enzimatic dengan menggunakan enzim penghancur dinding sel pectinex ultra SP-L and ultrazyme 100G (Manan *et al.*, 2001). Penilaian perlakuan dengan kinerja terbaik adalah kapasitas pamarutan tertinggi, rendemen pati tertinggi dan losses pati pada ampas terendah. Berdasarkan Tabel 1 memperlihatkan bahwa kapasitas pamarutan tertinggi dihasilkan pada gerigi berbentuk limas dengan kecepatan putar silinder 2500 rpm, namun karena rendemen pati terendah (Tabel 2) dengan losses pati pada ampas tertinggi (Tabel 3) maka tidak dipilih sebagai perlakuan dengan kinerja tertinggi. Di samping itu, kapasitas pamarutan 918 kg/jam telah memenuhi kebutuhan masyarakat pengguna.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Bentuk geometri gerigi dan kecepatan putar silinder serta interaksi antara ke dua faktor berpengaruh nyata terhadap kapasitas pamarutan. Bentuk geometri gerigi juga berpengaruh nyata terhadap rendemen pati dan kehilangan pati pada ampas, namun interaksi kedua faktor tidak berpengaruh secara nyata.
2. Kinerja tertinggi dihasilkan pada bentuk geometri gerigi ulir dengan kecepatan putar silinder 2500 rpm. Kinerja mesin parut pada perlakuan tersebut yaitu (a) kapasitas pamarutan 918 kg/jam, (b) rendemen pati 48%, dan (c) kehilangan pati pada ampas 13,2%.

4.2. Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk menurunkan losses pati pada ampas sagu dengan memodifikasi sudut gerigi. Pada saat proses pamarutan, disarankan untuk mendorong bahan secara perlahan ke silinder parut agar hasil parutan lebih halus sehingga losses bisa diturunkan.

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini merupakan bagian dari program penelitian strategis nasional (PSN) tahun anggaran 2018. Penulis menyampaikan

apresiasi dan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEK DIKTI) atas dukungan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeni, D.S.A., Bujang, K.B., Hassan, M.A., & Aziz, S. A. 2013. Recovery of Glucose from Residual Starch of Sago Hampas for Bioethanol Production. *BioMed Research International*, 2013: 1-8.
- Alua, I., Darma, & Lisangan, M.M. 2021. Uji Lapang dan Analisis Kelayakan Ekonomi Mesin Parut dan Ekstraksi Pati Sagu Produksi Fateta Unipa. *Jurnal Igya Ser Hanjop*, 3 (1): 25-35.
- Azudin, M.N. & Lim, E.T. 1991. An Evaluation of the Quality of Sago Starch Produced in Serawak. *Proceeding of the 4th Int. Sago Symposium*, Serawak.
- Bintoro, M.H., Nurulhaq M. I., Pratama A.J., Ahmad F., & Ayulia L. 2018. *Growing Area of Sago Palm and Its Environment in: SAGO PALM: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods* (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore. pp. 17-29.
- Cecil, J. E. 1992. Small, Medium and Large Scale Starch Processing. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 98: 331.
- Cecil, J.E., Lau, G., Heng, H., & Ku, C.K. 1982. *The Sago Starch Industry: a technical profile based on preliminary study made in Serawak*. London: Tropical Product Institute.
- Colon, F.J. & Annokke, G.J. 1984. Survey of Some Processing Route of Sago. In *The expert consultation of the sago palm and palm products*. BPP Teknologi & FAO. Jakarta.
- Darma, Wang, X., & Kito, K. 2014. Development of Cylinder Type Sago Rasper for Improving Rasping Performance. *International Agricultural Engineering Journal (IAEJ)*, 23 (3):31-40.

- Darma & Triyanto, B. 2015. Development and Performance Test of Cylinder Type Sago Rasper Powered by Petrol Engine. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*, 5-7 Agustus, 2015. Universitas Hasanudin, Makassar.
- Darma, Santoso, B., & Reniana. 2017. Development of cylinder type sago rasping machine using sharp teeth. *International Journal of Engineering and Technology*, 17 (1): 2472-2481.
- Darma, Santoso B., & Arbianto, M.A. 2019. Effect of Hopper Angle and Teeth Density on Performance of Cylinder Type Sago Rasping Machine. *Proceeding of the 3rd International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences*, 355 (012114).
- Darma, Santoso, B., & Reniana. 2020. Kinerja Mesin Parut Sagu pada Berbagai Ukuran Gerigi dan Kecepatan Putar Silinder Pamarut. *JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian*, 8 (3): 113-122.
- Djoefrie, M.H.B, Herodian, S., & Ngadiono. (2014). Sagu untuk Kesejahteraan Masyarakat Papua: Suatu Kajian dalam Upaya Pengembangan Sagu Sebagai Komoditas Unggulan di Provinsi Papua dan Papua Barat. *Laporan Penelitian Unit Percepatan Pembangunan Papua dan Papua Barat*. Jakarta.
- Girsang, W. 2018. Feasibility of Small-Scale Sago Industries in the Maluku Islands, Indonesia. In *SAGO PALM: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods* (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore.
- Hermanto, Nuwiyah, A., & Muhidin. 2011. Perbedaan Teknik Pamarutan dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Rendemen dan Kualitas Pati. *Agriplus Scientific Journal*, 21 (1): 30-35.
- Kamal, S.M.M., Mahmud S.N., Hussain S.A., & Ahmadun, F. R. 2008. Improvement on sago flour processing. *International Journal of Engineering and Technology*, 4 (1): 8-14.
- Karim, A.A., Tie, P.L., Manan, D.M.A., & Zaidul, I.S.M. 2008. Starch from the Sago (*Metroxylon sagu*) Palm Tree-Properties, Prospect, and Challenges as a new industries source for food and other uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3): 215-228.
- Manan, D.M.A. 2011. Optimization of sago starch extraction using drum rasper. *Proc. 10th Int.Sago Symposium: Sago for food security, Bio-energy, and Industry: From Research to Market*, Bogor 29-31 October: 93-95.
- Manan, D.M.A., Islam, M.N., & Noor, B.M. 2001. Enzymatic Extraction of Native Starch from Sago (*Metroxylon sagu*) Waste Residue. *Starch-starke*, 53 (12): 639-643.
- Mishima, T. 2018. New Sago Palm Starch Resource and Starch Pith Waste Properties. In *SAGO PALM: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods* (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore
- Payung, P. 2009. Design and Performance Test of Disc Type Sago Rasper (*Metroxylon sp*). *Agrotek Journal*, 1 (4): 32-37.
- Rajyalaksmi, P. 2004. Caryota Palm Sago, a Potential Yet Underutilized Natural Resource for Modern Starch Industry. *Natural Product Radiance*, 3 (3): 144-149.
- Reniana, Darma, & Kurniawan, A. 2017. Prototipe Mesin Parut Empulur Sagu Bertenaga Motor Bakar. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6 (2): 89-94.
- Santoso, B, Koutatsu, S., & Hitoshi, N. 2015. Effects of Micro Powder Milling on Physicochemical Properties of Sago Starch. *Journal Appl. Glycosci*, 62: 73-80.
- Sitkey, G. 1986. *Mechanics of Agricultural material*. Elsevier. Amsterdam: 485.

- Thoriq, A. & Sutejo, A. 2017. Desain dan Uji Kinerja Mesin Pamarut Sagu Tipe TPB 01. *Agritech*, 37 (4): 453-461.
- Thoriq, A. & Sutejo, A. 2018. Modifikasi dan Uji Kinerja Mesin Pamarut Sagu Tipe Silinder. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 7 (1): 35-40.
- UP4B (Unit Percepatan Pembangunan Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat). 2013. *Master Plan Pengembangan Sagu Sebagai Komoditas Unggulan Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat*. Laporan Kajian. UP4B. Jakarta.