

KINERJA TEKNOLOGI MESIN PENGOLAHAN SAGU SKALA KECIL DI KABUPATEN SUPIORI, PROVINSI PAPUA

Darma¹⁾, Budi Santoso¹⁾, Reniana¹⁾, Moh. Arif Arbianto²⁾

*¹⁾Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat, Indonesia*

*²⁾Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua Barat, Manokwari 98314, Indonesia
Email: darmabond@gmail.com*

ABSTRACT

***Performance of Small-Scale Sago Processing Machinery in Supiori Regency, Papua Province.** Papua is one of the largest sago producing regions in Indonesia with a potential sago area of 4.7 million ha. The production and utilization of sago starch in Papua is still very low compared to its potential, so that millions of tons of starch in sago stems have not been used. Increasing sago starch production can be done by transforming traditional processing methods to mechanical processing methods at the farm level. The objective of this study was to identify the utilization of small-scale sago processing machinery innovation in Supiori District, Papua Province. In this research it was applied small-scale sago starch processing machine consisting of sago rasping machine and starch extraction machine, both made by agroindustry workshop of Agricultural Technology Faculty, Papua University. Study results showed that application of the processing machinery was able to increase processing capacity 6 times higher than traditional method. The processing capacity was one trunk per day or equivalent to starch production 324 kg of wet sago starch per day. The machines worked properly with high performance. The performance of the machines applied were (a) rasping capacity 1,065 kg/hour, (b) extraction capacity 561.24 kg/hour, (c) starch percentage 39.16 % (d) starch loss in waste 1.80 % as well as (e) fuel consumption 1.46 litre/hour and 0.95 litre per hour for rasping machine and extraction machine respectively.*

Keywords: *sagu, processing, machinery, small scale, technology performance*

ABSTRAK

Papua merupakan salah satu daerah penghasil sagu terbesar di Indonesia dengan potensi areal sagu mencapai 4,7 juta ha. Produksi dan pemanfaatan pati sagu di Papua masih sangat rendah dibandingkan dengan potensinya, sehingga banyak jutaan ton pati dalam batang sagu belum digunakan. Peningkatan produksi pati sagu dapat dilakukan dengan mengubah metode pengolahan tradisional ke metode pengolahan secara mekanis di tingkat petani. Penelitian bertujuan mengidentifikasi pemanfaatan inovasi mesin pengolahan sagu skala kecil di petani Kabupaten Supiori, Provinsi Papua. Pada penelitian ini telah diaplikasikan mesin pengolahan sagu skala kecil terdiri dari mesin pamarut sagu dan mesin ekstraksi pati sagu hasil produksi bengkel permesinan agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mesin pengolahan skala kecil yang digunakan dapat meningkatkan kapasitas pengolahan 6 kali lipat dibandingkan dengan metode pengolahan tradisional. Kapasitas pengolahan adalah 1 pohon per hari atau setara dengan produksi pati basah 324 kg per hari. Mesin yang diaplikasikan berfungsi baik dengan kinerja tinggi. Kinerja tersebut ditunjukkan oleh hal-hal berikut (a) Kapasitas pamarutan 1.065 kg/jam, (b) Kapasitas ekstraksi 561,24 kg/jam, (c) Rendemen pati basah 39,16 % (d) Persentase kehilangan pati terikat ke ampas 1,80 % dan (e) Konsumsi bahan bakar untuk mesin pamarut 1,46 liter/jam dan mesin ekstraksi 0,95 liter/jam.

Kata kunci: *sagu, pengolahan, mesin, skala kecil, kinerja teknologi*

PENDAHULUAN

Pengembangan agroindustri di daerah pedesaan mengandung arti strategis. Di Indonesia selama ini industrialisasi umumnya berlangsung di sekitar kota-kota besar dengan pertimbangan ketersediaan infrastruktur yang memadai. Agroindustri sendiri merupakan industri yang memerlukan pasokan hasil pertanian karena bahan baku agroindustri umumnya dihasilkan di daerah pedesaan. Salah satu sub-sektor industri yang memiliki prospek cerah untuk dikembangkan dalam agroindustri di Papua dan Papua Barat pada umumnya, termasuk di Kabupaten Supiori khususnya adalah industri pengolahan sagu. Industri/pengolahan pati sagu di Papua saat ini umumnya masih dilakukan secara tradisional oleh masyarakat dengan kapasitas produksi rendah.

Provinsi Papua dan Papua Barat memiliki potensi sagu sangat besar. Sekitar 50% dari potensi sagu dunia terdapat di Indonesia dan sekitar 90% dari potensi sagu Indonesia berada di kedua provinsi ini (Jong dan Widjono, 2007). Sagu di kawasan ini telah dimanfaatkan secara luas sebagai makanan pokok, sedangkan di daerah-daerah lain seperti Riau, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara, sagu dimanfaatkan sebagai bahan pangan tambahan dan bahan baku industri. Beberapa industri menengah dan besar dalam negeri terutama di Pulau Jawa menggunakan sagu sebagai bahan baku pembuatan makaroni, spageti, bihun, saun, dan bakso. Jepang memanfaatkan sagu sebagai bahan baku industri plastik yang mudah hancur, pembuatan *high fructosa syrup*, alkohol, dan produk-produk turunannya (Bintoro, 2011).

Luas areal sagu di Papua belum diketahui secara pasti, berbagai pendapat menyebutkan luasan berbeda-beda. Menurut Ehara (2015), Provinsi Papua memiliki areal sagu lebih dari 1 juta ha, namun menurut Bintoro *et al.* (2018) luas area sagu di Papua 4,7 juta ha dan 0,51 juta ha terdapat di Papua Barat. Distribusi sagu Indonesia seluas 5,5 juta ha dan 95% di antaranya yaitu 5,2 juta ha terdapat di Papua dan Papua Barat.

Matanubun dan Maturbong (2006) menyebutkan luas areal sagu di Papua dan Papua Barat sekitar 1,47 juta ha yang sebagian besar berupa hutan sagu alam dengan potensi produksi pati sekitar 23,60 juta ton pati kering/tahun. Menurut Bintoro (2011), potensi produksi hutan sagu alam berkisar antara 20-40 ton pati/ha/tahun. Ini berarti bahwa potensi produksi total untuk Provinsi Papua dan Papua Barat sekitar 29,42-58,85 juta ton/tahun. Hasil penelitian oleh Jong dan Ho (2011) menyimpulkan potensi produksi hutan sagu alam di Papua berkisar antara 10-15 ton pati kering/ha/tahun. Potensi produksi pati kering antara 14,71-22,07 juta ton/tahun atau setara dengan 24,17-36,17 juta ton pati basah/tahun.

Komoditas sagu mempunyai potensi ekonomis sangat besar sebagai penghasil pati sagu yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri. Peningkatan pemanfaatan potensi sumberdaya sagu yang ada dengan melibatkan partisipasi aktif masyarakat selaku pemilik hak ulayat areal sagu sangat diperlukan. Kondisi tersebut memerlukan introduksi peralatan pengolahan yang bersifat mekanis dan tepat guna agar mudah diadopsi masyarakat setempat yang tingkat pendidikannya tergolong rendah. Hal ini sejalan dengan amanah Undang-Undang Otonomi Daerah No. 21 tahun 2001 tentang otonomi khusus Papua.

Permasalahan umum yang dihadapi masyarakat pemilik hak ulayat sagu di Papua yaitu keterbatasan modal, kualitas sumberdaya manusia, keterbatasan penerapan teknologi, sarana dan prasarana yang kurang atau tidak memadai dan kelembagaan yang tidak mendukung. Pengolahan sagu oleh warga masih dilakukan secara tradisional dengan kapasitas dan efisiensi rendah dan sebagai konsekuensinya sebagian besar pohon sagu yang telah siap dipanen dibiarkan terbuang begitu saja. Pengolahan umumnya dilakukan oleh satu keluarga atau beberapa keluarga secara gotong royong. Banyaknya anggota keluarga yang terlibat dalam kegiatan pengolahan sagu tergantung dari banyaknya anggota keluarga yang sudah dewasa. Waktu yang diperlukan untuk mengolah 1 pohon

untuk setiap keluarga adalah 6 hari dengan produksi pati basah rata-rata 317 kg/pohon atau setara dengan 52,8 kg /hari (Darma, 2011).

Tahapan yang membutuhkan curahan waktu dan tenaga paling besar dalam pengolahan sagu secara tradisional yaitu penghancuran empulur (penokokan) disusul ekstraksi (peremasan). Rata-rata waktu yang diperlukan untuk penokokan adalah 53,22 % dari total waktu yang diperlukan untuk pengolahan dan 38,92% untuk peremasan. Dengan demikian sebagian besar waktu pengolahan (92,14 %) tercurah untuk kedua kegiatan ini (Darma, 2011). Permasalahan tersebut membutuhkan transformasi dari metode pengolahan tradisional ke pengolahan secara mekanis agar lebih efektif dan efisien.

Penggunaan alat dan mesin pertanian (alsintan) di suatu daerah harus memperhatikan berbagai aspek agar tidak menemui kegagalan. Setiap daerah diarahkan agar mengembangkan alsintan sesuai kondisi wilayahnya sekaligus meningkatkan kemampuan industri lokal. Pengembangan mekanisasi pertanian spesifik wilayah tentunya berdasarkan pada komoditas, kondisi tanah dan lahan, serta budaya spesifik wilayah yang bersangkutan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Papua telah mengembangkan mesin pengolahan sagu berupa mesin pamarut empulur batang dan mesin ekstraksi pati sagu. Mesin-mesin tersebut telah diuji kinerjanya dan bahkan telah digunakan di beberapa daerah yang pengadaannya baik secara pribadi maupun difasilitasi pemda setempat.

Tujuan penelitian adalah mengevaluasi kinerja dan penerapan inovasi teknologi mesin pengolahan sagu skala kecil produksi bengkel permesinan agroindustri Fateta Unipa. Hasil penelitian ini memberikan informasi kinerja mesin pada kondisi lapang dan juga kapasitas produksinya. Penerapan mesin pengolahan sagu ini diharapkan dapat meningkatkan produksi dan pendapatan ekonomi masyarakat pengguna, khususnya di Kabupaten Supiori, Provinsi Papua.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah pohon sagu siap panen, air bersih, bahan bakar bensin, papan, kayu balok, seng, semen, batu tela, pasir dan bahan bangunan lainnya untuk pembuatan rumah tempat mesin dan bak pengendapan pati. Peralatan yang digunakan yaitu mesin pengolahan sagu terdiri dari pamarut sagu tipe silinder *variant-02* (menggunakan sistem pamarutan tanpa pengupasan kulit batang), mesin ekstraksi pati sagu tipe *stirrer rotary blade variant-02* (Darma, 2018), pompa air mitsumoto 1,5 inch, timbangan, stop watch, *chain saw*, terpal, ember, saringan 100 mesh, parang, kampak dan kunci pas berbagai ukuran untuk setting dan perakitan mesin di tempat pengolahan.

Pelaksanaan Penelitian

Mesin pengolahan sagu yang digunakan diproduksi oleh bengkel permesinan agroindustri Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Papua. Mesin-mesin tersebut terdiri dari mesin pamarut empulur batang sagu tipe silinder bertenaga motor bakar *variant-02* (Darma *et al.*, 2017; 2019) dan mesin ekstraksi pati sagu tipe *stirrer rotary blade variant-02* (Darma, 2018) beserta peralatan pendukung berupa pompa air dan bak pengendapan pati. Pada Tabel 1 dan 2 berturut-turut ditampilkan deskripsi dan spesifikasi teknis mesin pamarut empulur batang sagu dan mesin ekstraksi pati sagu yang diuji pada penelitian ini dan tahapan proses pengolahan sagu yang dilakukan selengkapnya ditampilkan Gambar 1.

Tabel 1. Data teknis mesin pamarut tipe *silinder variant-02*

No.	Nama	Pamarut Sagu Tipe <i>Silinder Variant-02</i>
1.	Dimensi (P x L x T)	56 cm x 36 cm x 103 cm)
2.	Sistim pamarut	Tanpa pengupasan kulit batang
3.	Komponen pamarut	Silinder bergerigi anti karat
4.	Transmisi	V – Belt A-40 (2 buah)
5.	Putaran Silinder parut	2000 – 2700 rpm
6.	Kapasitas parut	800 – 1000 kg empulur sagu/jam
7.	Motor Penggerak	Honda GX 160; 5,5 HP
8.	Berat alat keseluruhan	61 kg
9.	Produksi	Workshop agroindustri Fateta Unipa



Tabel 2. Data teknis mesin ekstraksi pati sagu tipe *stirrer rotary blade variant-02*

No.	Nama	Mesin Ekstraksi Pati Sagu
1.	Dimensi alat (P x L x T)	135 cm x 125 cm x 170 cm
2.	Dimensi Tabung (ø x T)	100 cm x 120 cm (volume:0,942 m ³)
3.	Material Tabung	Stainless steel SS 304
4.	Sistim Ekstraksi	Pengadukan dan Penyaringan
5.	Transmisi	V – Belt A-83 (2 buah)
6.	Putaran Pengaduk	100 rpm
7.	Kapasitas ekastraksi	150 kg ela per proses (450 kg /jam)
8.	Motor Penggerak	Honda GX 200; 6,5 HP
9.	Produksi	Workshop agroindustri Fateta Unipa



Setelah selesai dibuat, mesin tersebut diangkat dan dipasang di lokasi kegiatan, dilengkapi dengan rumah tempat pengolahan dan bak pengendapan pati. Uji penerapan mesin pengolahan sagu diawali dengan pemilihan pohon siap panen, penebangan pohon, penyiapan log untuk penghancuran empulur, yaitu pembersihan log, pemotongan dan pembelahan log serta dilanjutkan penghancuran empulur batang menggunakan mesin pamarut, ekstraksi pati, pengendapan pati, dan pengemasan (Gambar 1). Pengoperasian mesin dilakukan oleh masyarakat setempat dengan terlebih dahulu dilatih oleh tim peneliti. Sebagai pembanding, dilakukan juga proses pengolahan secara tradisional oleh warga yang telah berpengalaman.

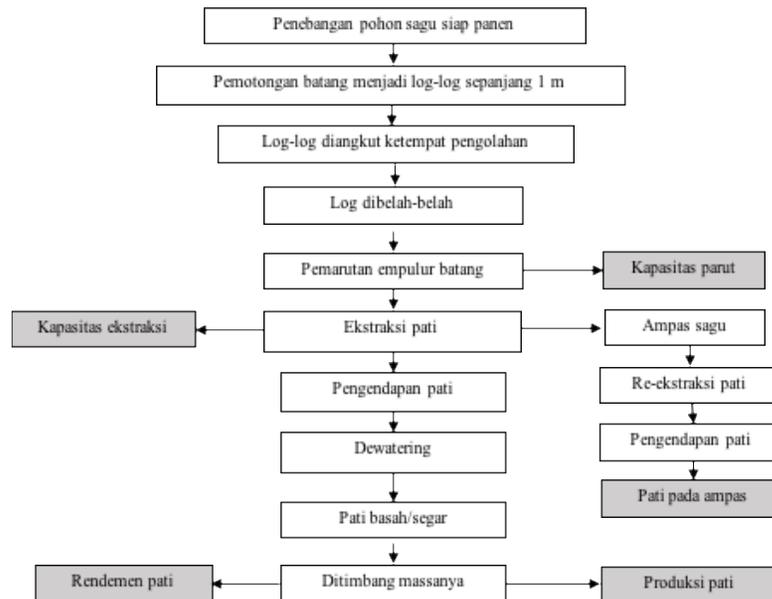
Evaluasi kinerja mesin pengolahan dilakukan dengan mengukur parameter sebagai berikut:

Kapasitas Pamarutan

Proses pamarutan dilakukan dengan menempelkan dan mendorong potongan-potongan empulur batang ke permukaan silinder yang sedang berputar (Gambar 2). Kulit batang tidak perlu dikupas, namun kulit tidak ikut terparut melainkan keluar melalui bagian pengeluaran. Empulur hasil parutan disebut *rasped pith/repos* (Cecil, 1992; Manan, 2011), selanjutnya dikumpulkan dan ditimbang. Kapasitas pamarutan dihitung menggunakan persamaan (1):

$$KP = \frac{m_E}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan: *KP* adalah kapasitas pamarutan (kg/jam), *m_E* adalah massa empulur hasil parutan (kg), dan *t* adalah waktu pamarutan (jam).



Gambar 1. Bagan alir proses pengolahan sagu untuk evaluasi kinerja mesin pengolahan sagu skala kecil di Kampung Maryadori, Distrik Supiori Selatan, Kabupaten Supiori, Provinsi Papua

Kapasitas Ekstraksi

Hancuran empulur batang sagu hasil parutan (*rased pith/repos*) yang oleh masyarakat setempat disebut *ela* (Gambar 3) kemudian diproses lebih lanjut menggunakan mesin ekstraksi pati tipe *stirrer rotary blade variant-02* untuk mengekstraksi pati pada empulur. Kapasitas ekstraksi adalah kemampuan mesin ekstraksi untuk mengekstraksi pati per satuan waktu, diperoleh dengan menggunakan persamaan 2:

$$KE = \frac{m_E}{t} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: *KE* adalah kapasitas ekstraksi (kg/jam), *m_E* adalah massa hasil parutan (kg), dan *t* adalah waktu ekstraksi (jam).

Rendemen Pati

Rendemen pati adalah rasio massa pati hasil ekstraksi dengan massa empulur hasil parutan yang diproses. Rendemen pati diperoleh menggunakan persamaan 3:



Gambar 2. Proses pamarutan empulur sagu dengan sistem tanpa pengupasan kulit batang



Gambar 3. Penimbangan hasil parutan (*rasped pith*) sebelum proses ekstraksi pati

$$RP = \frac{m_P}{m_E} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: *RP* adalah rendemen pati (%), *m_P* adalah massa pati (kg), dan *m_E* adalah massa hancuran empulur batang sagu (kg).

Hasil/Produksi Pati

Produksi pati basah adalah massa pati yang diperoleh dari proses pengolahan per pohon, ditimbang secara langsung dan/atau menggunakan persamaan 4:

$$HP = KE \times RP \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: *HP* adalah hasil pati (kg), *KE* adalah kapasitas ekstraksi (kg/jam), dan *RP* adalah rendemen pati (%).

Kehilangan Pati Terikut Pada Ampas (*losses*)

Evaluasi efektivitas proses ekstraksi, dilakukan menggunakan 1 kg sampel ampas (*sago pith waste*) diekstraksi ulang secara manual dengan saringan 100 mesh sampai air perasannya jernih (tidak ada lagi kandungan pati pada ampas). Pati yang dihasilkan ditimbang massanya dan kehilangan pati akibat terikut pada ampas diperoleh menggunakan persamaan 5:

$$PA = \frac{m_{PA}}{m_{SA}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: *PA* adalah kehilangan pati akibat terikut pada ampas (%), *m_{PA}* adalah massa pati pada ampas (kg), dan *m_{SA}* adalah massa ampas (kg).

Konsumsi Bahan Bakar Bensin (*Fuel*)

Penggunaan bahan bakar bensin baik mesin pamarut sagu maupun mesin ekstraksi pati diukur secara langsung menggunakan gelas ukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Mesin Pengolahan Sagu yang Digunakan

Pengolahan sagu diawali dengan pemotongan dan pembelahan batang sagu agar sesuai untuk proses pamarutan. Mesin pengolahan yang digunakan adalah mesin pamarut dan mesin ekstraksi yang merupakan unit operasi terpisah. Hancuran empulur hasil parutan dimasukkan secara manual ke mesin ekstraksi (Gambar 4). Massa hancuran empulur yang diolah setiap proses adalah 155 kg.

Waktu yang diperlukan untuk sekali proses terdiri dari: (a) Pemasukan bahan ke dalam tabung ekstraksi (2 menit), (b) Pengadukan, peremasan, dan penyaluran suspensi pati ke dalam bak pengendapan pati (rata-rata 11 menit), serta (c) Pengeluaran ampas dari dalam tabung ekstraksi (5 menit). Selama pengaliran suspensi pati dari dalam tabung ekstraksi ke bak pengendapan, sangat penting memperhatikan bahwa jumlah air yang dialirkan ke dalam tabung (*water inflow rate*) sama dengan aliran keluar agar proses ekstraksi berlangsung lancar. Jumlah aliran dari dalam tabung dikontrol dengan mengontrol besar

kecilnya bukaan katup pada stop kran. Jika jumlah aliran masuk lebih kecil dari aliran ke luar, suspensi material (*slurry*) dalam tabung ekstraksi menjadi lebih kental dan lebih sulit untuk diaduk dan diperas. Pada kondisi ekstrim dapat mengakibatkan motor penggerak kelebihan beban (*over load*) bahkan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin ekstraksi.

(2017) serta Thoriq dan Sutejo (2017) yang menghasilkan kapasitas parut berturut-turut 322,52 kg/jam dan 649,38 kg/jam. Hasil tersebut juga lebih tinggi dibandingkan kapasitas pamarutan hasil penelitian sebelumnya (Darma, 2009; 2010), Darma dan Triyanto (2015), Darma dan Kurniawan (2016), Darma *et al.* (2017) yang memiliki kapasitas pamarutan berturut-turut 375,



Gambar 4. Proses ekstraksi pati (kanan) dan hancuran empulur hasil parutan dimasukkan dalam karung plastik dan ditimbang sebanyak 155 kg untuk sekali proses

Sebaliknya jika jumlah air yang dialirkan ke dalam tabung lebih besar dari aliran ke luar, maka air akan meluap melalui permukaan atas tabung. Proses ekstraksi dihentikan manakala aliran air dari dalam tabung ekstraksi tidak lagi mengandung pati yang ditandai dengan air kelihatan bening (tidak keruh). Mesin kemudian dihentikan dan ampas sagu dikeluarkan dari dalam tabung ekstraksi dilanjutkan dengan proses ekstraksi berikutnya. Hasil uji kinerja mesin disajikan pada Tabel 3.

Kapasitas Pamarutan

Dari Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata kapasitas mesin pamarut adalah 1.065 kg/jam. Hasil tersebut konsisten dengan penelitian Darma *et al.* (2017) menggunakan mesin pamarut *variant-01* di Kabupaten Teluk Wondama Papua Barat yang memperoleh kapasitas pamarutan 1328 kg/jam. Saunggay (2019) melakukan uji lapang mesin pamarut *variant-01* di lokasi yang berdekatan dan memperoleh kapasitas pamarutan 1160 kg/jam. Namun demikian, kapasitas pamarutan yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Reiana *et al.*

418, 627, 1.003, dan 866 kg/jam. Hasil penelitian ini juga masih lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pamarutan alat pamarut sagu tipe piringan datar 1 rancangan Payung (2009) menggunakan sumber tenaga penggerak 5,5 HP dengan kapasitas pamarutan antara 108,817-131,153 kg/jam.

Pamarutan merupakan salah satu bentuk operasi pengecilan ukuran dengan mekanisme pemotongan dan peremukan (*cutting and crushing*) yang berlangsung simultan. Proses pamarutan menjadi salah satu faktor penentu untuk meningkatkan kapasitas produksi pati sagu, karena merupakan fase pertama dari proses produksi untuk memisahkan serat sehingga pati dapat terekstrak secara maksimal. Hasil pati maksimal dapat diperoleh apabila penghancuran dilakukan sehalus mungkin (Cecil, 1992). Pamarutan bertujuan merusak dinding sel sehingga pati dalam sel dapat terekstrak keluar pada proses ekstraksi. Kapasitas pamarutan tergantung pada tipe alat, besarnya sumber tenaga penggerak, dimensi silinder, karakteristik gigi parut, dan keterampilan operator. Kapasitas pamarutan tinggi pada mesin pamarut yang digunakan, selain ditentukan oleh dimensi

Tabel 3. Hasil pengujian mesin pamarut dan mesin ekstraksi pati sagu di Kampung Maryadori

Ulangan	Kapasitas Efektif (kg/jam)		Rendemen Pati (%)	Pati pada Ampas (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter /jam)	
	M. Pamarut	Ekstraktor			M. Parut	Ekstraktor
1*	1.296	604,55	27,74	1,10	1,2	1,04
2*	1.085	601,03	27,63	2,25	1,2	1,03
3*	1.553	511,40	28,29	1,00	1,2	0,86
4*	1.239	611,62	26,93	3,00	1,8	0,96
5**	1.051	603,40	37,70	3,50	1,8	0,96
6**	767	545,01	39,58	2,55	1,5	0,94
7**	620	611,02	38,82	3,20	1,4	1,03
8**	767	566,72	39,48	3,35	1,6	0,97
9**	1.086	531,98	38,67	1,13	1,2	0,90
10**	1.260	582,10	38,08	1,95	1,8	0,97
11**	1.549	503,15	39,25	1,60	1,5	0,86
12***	912	513,47	55,26	0,85	1,2	0,86
13***	958	557,15	54,76	0,65	1,5	0,96
14***	1.120	541,53	52,94	0,50	1,4	0,96
15***	711	534,48	54,52	0,45	1,6	0,92
Rata-rata	1.065±285	561,24±39	39,98±10	1,80±1	1,46±0,2	0,95±0,06
Manual	21 ^{a)}	41,85 ^{b)}	25,22	3,15	-	-

*, **, ***: Berturut-turut pohon 1, pohon 2, pohon 3

a): Penghancuran empulur sagu secara manual (tradisional) dilakukan dengan menggunakan alat tokok

b): hancuran empulur hasil tokok diekstraksi secara manual menggunakan alat ekstraksi tradisional setempat

silinder, juga ditentukan rancangan pengaturan gerigi yang lebih sesuai sehingga proses pamarutan berlangsung lebih efektif.

Faktor lain yang mempengaruhi proses pamarutan adalah sifat mekanik bahan yang diproses. Menurut Sitkey (1986), sifat-sifat mekanik bahan tergantung pada fase pertumbuhan (*growing stage*), kadar air, dan posisinya dari arah pangkal atau dari arah ujung. Ketahanan pemotongan (*cutting resistance*) bagian tanaman yang lebih muda lebih rendah dari bagian tanaman yang lebih tua. Ketahanan pemotongan berkaitan erat dengan kadar serat empulur, semakin tua tanaman kadar serat akan semakin tinggi. Dari Tabel 3 juga terlihat bahwa ada perbedaan kapasitas pamarutan antara pohon 1, pohon 2, dan pohon 3. Kapasitas pamarutan tertinggi adalah pada pohon 1, disusul pohon 3, dan terendah pada pohon 2.

Hasil ini terkait dengan perbedaan tekstur dan kekerasan empulur batang sagu yang diolah.

Pohon 2 memiliki tekstur lebih padat (lebih keras) dan ketahanan pemotongan lebih tinggi karena diduga umurnya lebih tua. Walaupun umur pohon yang diolah tidak diketahui secara pasti, namun dari ketinggian pohon 1, pohon 2, dan pohon 3 yaitu berturut-turut 8 m, 11,4 m dan 10 m, diduga kuat umur pohon 2 adalah yang tertinggi, disusul pohon 3 dan terendah pohon 1. Menurut Flach (1997), fase pembentukan batang (*bole formation stage*) tanaman sagu dimulai pada bulan ke 54 dan terus memanjang hingga mencapai tinggi maksimum. Pertumbuhan batang berlangsung antara 4-14 tahun dengan tinggi batang antara 7-15 m tergantung jenis dan kondisi lingkungan tempat tumbuh.

Kapasitas penghancuran empulur secara tradisional menggunakan alat yang disebut "tokok", sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3 adalah 21 kg/jam. Pada pengolahan sagu secara tradisional, tahapan proses yang membutuhkan waktu paling lama yaitu penghancuran empulur

(penokokan) disusul ekstraksi (peremasan), sedangkan kegiatan lainnya curahan waktunya tidak signifikan. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk penokokan adalah 53,22 % dari total waktu yang diperlukan untuk pengolahan, dan 38,92 % untuk ekstraksi/peremasan. Dengan demikian sebagian besar waktu untuk pengolahan (92,14 %) tercurah untuk kedua kegiatan ini yaitu penokokan dan ekstraksi (Darma, 2011). Pengolahan sagu pada umumnya dilakukan oleh satu keluarga atau beberapa keluarga secara gotong royong. Banyaknya anggota keluarga yang terlibat dalam kegiatan pengolahan sagu tergantung dari banyaknya anggota keluarga dewasa. Jumlah anggota keluarga yang terlibat dalam kegiatan pengolahan sagu untuk setiap keluarga berkisar antara 2-4 orang dengan waktu pengolahan 6 (enam) hari untuk 1 (satu) pohon.

Kapasitas Ekstraksi, Rendemen Pati, dan Kehilangan Pati Pada Ampas (*Losses*)

Tabel 3 menunjukkan bahwa kapasitas ekstraksi rata-rata 561,24 kg/jam (3 *batch* atau 3 kali proses per jam). Kapasitas ekstraksi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan prototipe sebelumnya yaitu *variant-01* (240 kg/jam). Hasil ini juga lebih tinggi dibandingkan kapasitas ekstraksi mesin ekstraksi sejenis yang dihasilkan pada penelitian Darma *et al.* (2010; 2014; 2017) yang memiliki kapasitas ekstraksi berturut-turut 120 kg per jam, 204 kg per jam, dan 222 kg per jam. Rancangan mesin ekstraksi *variant-02* memiliki volume tabung ekstraksi lebih besar, sehingga kapasitas ekstraksinya lebih besar. Tujuan dari proses ekstraksi adalah memisahkan pati dari ampas. Satu-satunya metode untuk pemisahan adalah dengan air. Granula pati yang telah dalam keadaan terbebas (*freed starch*) pada proses pamarutan tersuspensi ke dalam air untuk kemudian dipisahkan dari ampas menggunakan saringan.

Pada umumnya ada 2 (dua) tipe mesin ekstraksi yang lazim digunakan di industri pengolahan sagu yaitu saringan berputar (*rotating screen*) dan saringan ayun (*shaking screen*). Mesin ekstraksi yang dikembangkan di Serawak

Malaysia berupa silinder berputar yang dilengkapi saringan pada permukaan keliling dan sepanjang bagian atas difasilitasi dengan penyemprot air (Cecil, 1992; Bujang, 2011).

Pada industri pengolahan sagu berskala besar, ekstraksi pati menggunakan saringan sentrifugal dan separator siclon (Rajyalakshmi, 2004; Singhal *et al.*, 2008). Mesin ekstraksi pati sagu hasil pengembangan BPPT (1990) dan BALITKA (2001) juga merupakan tipe saringan berputar. Mesin yang digunakan pada penelitian merupakan hasil pengembangan Fateta Unipa. Mesin ini memiliki konstruksi lebih sederhana, lebih kecil, dan harganya lebih murah, sehingga cocok untuk pengolahan skala kecil. Prinsip kerjanya mengkombinasikan pengadukan, peremasan, dan penyaringan secara simultan dalam satu unit, yang diadaptasi dari prinsip kerja ekstraksi pati secara tradisional.

Rendemen pati basah yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu rata-rata 39,99% konsisten dengan penelitian Darma *et al.* (2017) yang menghasilkan rendemen pati berkisar 31,60-41,28%. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Saunggay (2019) yang memperoleh rendemen pati 38,26 %, namun lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Darma *et al.* (2010; 2014; 2015) dengan rendemen pati berturut-turut 15,84%; 20,54%; dan 24%. Hal tersebut terutama disebabkan karena perbedaan kandungan pati pada batang sagu yang diproses.

Menurut Singhal *et al.* (2008), kandungan pati pada empulur batang sagu siap panen bervariasi antara 18,8% and 38,8%. Tingginya variasi rendemen pati yang dihasilkan oleh peneliti berbeda, dipengaruhi teknik pengolahan dan kandungan pati pada empulur batang sagu. Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu hasil rancangan Balai Penelitian Kelapa dan Palma Lain (BALITKA) bekerjasama dengan ALSINTANI Serpong menghasilkan rendemen pati 24-30,7% (IAARD, 2001).

Hasil penelitian Darma (2011), melaporkan bahwa rendemen pati sagu pada berbagai lokasi di Papua berkisar antara 12,43%-39,89%. Menurut

Flach (1997), kandungan pati pada empulur batang berkisar antara 10% sampai 25%. Haryanto dan Pangloli (1992) mengemukakan kandungan pati dalam empulur batang berbeda-beda tergantung dari umur, jenis, dan lingkungan tempat tumbuh. Rendemen pati hasil pengolahan secara tradisional yang dilakukan oleh masyarakat di Provinsi Papua berkisar antara 11%-31,2% (Darma, 2011). Pada beberapa tempat dijumpai adanya pohon sagu dengan kadar pati sangat rendah (kurang dari 5%), bahkan sebagian tidak mengandung pati meskipun telah memasuki fase umur panen yang ditandai dengan keluarnya primordia bunga.

Rendemen pati dipengaruhi jenis dan umur sagu, serta teknik pengolahan. Pamarutan yang dimaksudkan untuk menghancurkan empulur batang merupakan salah satu tahapan dalam proses pengolahan yang sangat menentukan rendemen pati. Ukuran hasil parutan dipengaruhi oleh ukuran dan jumlah serta susunan mata parut. Semakin besar ukuran (diameter) mata parut maka semakin besar pula hasil parutan. Semakin halus empulur dihancurkan, semakin banyak pati yang bisa diperoleh. Rendemen pati yang diperoleh pada penelitian ini termasuk tinggi. Hal ini karena jenis sagu yang diolah termasuk jenis dengan kadar pati tinggi, didukung oleh lingkungan tempat tumbuh yang sesuai dengan pertumbuhan dan produksi sagu.

Darma (2011) melaporkan bahwa kadar pati sagu di berbagai lokasi di Papua dan Papua Barat berkisar antara 12,43%-39,89%. Menurut Yamamoto (2011), kandungan pati pada batang sagu dipengaruhi kondisi lingkungan tempat tumbuh, metode pengelolaan dan budidaya, teknik pengolahan, umur panen, dan varietas. Akumulasi pati pada batang sagu sangat bervariasi tergantung daerah dan varietas. Flach (1997) mengemukakan bahwa kandungan pati pada batang sagu berkisar antara 10%-25% (pati kering/*dry starch*) atau setara dengan 20%-50% pati basah (*fresh starch*).

Persentase kehilangan pati pada ampas (*losses*) berkisar antara 0,45%-3,50% (rata-rata 1,80%). Tinggi rendahnya kandungan pati pada

ampas menunjukkan efektivitas proses ekstraksi. Semakin tinggi persentase pati pada ampas, berarti semakin tidak efektif proses ekstraksi berlangsung yang berarti kinerja mesin rendah dan sebaliknya. Hasil ini mendukung dan konsisten dengan hasil penelitian Darma *et al.* (2017) dan Saunggay (2019) memperoleh *losses* pati akibat terikut pada ampas berturut-turut 3,6% dan 1,06%. Hasil tersebut juga sejalan dengan hasil penelitian menggunakan mesin ekstraksi *variant-01* (Darma *et al.*, 2010; 2014). Jumlah pati yang dapat terekstrak tidak hanya tergantung pada derajat kehalusan hancuran empulur, namun juga pada efisiensi dan efektivitas pemisahan pati dari ampas.

Persentase kehilangan pati yang masih terikut ke ampas sebesar 1,80% tergolong rendah dibandingkan kehilangan pati yang terikut ke ampas pada pengolahan secara tradisional. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin pengolahan yang dirancang efektif sehingga 98,2% pati dapat diekstrak. Hal ini karena bagian fungsional dirancang sedemikian rupa agar proses pemisahan pati berlangsung efektif. Untuk maksud tersebut, aliran atau gerakan bubur pati (*slurry*) dalam tabung ekstraksi merupakan aliran *turbulent (eddy current)*.

Konsumsi Bahan Bakar dan Kapasitas Produksi

Konsumsi bahan bakar bensin untuk mesin pamarut sagu dan mesin ekstraksi pati berturut-turut 1,46 liter/jam dan 0,95 liter/jam (Tabel 3). Konsumsi bahan bakar tergantung pada kecepatan putar (rpm) poros motor penggerak yang digunakan pada saat proses pengolahan. Semakin tinggi rpm maka konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Dengan massa empulur batang sagu yang diolah rata-rata 833 kg/pohon dan kapasitas pamarutan 1.065 kg/jam, berarti dibutuhkan waktu 0,78 jam kerja untuk pamarutan 1 (satu) pohon dan menghabiskan bahan bakar 1,14 liter. Waktu untuk ekstraksi pati adalah 1,48 jam dan mengkonsumsi bahan bakar bensin 1,41 liter.

Kapasitas pengolahan dari mesin yang digunakan dan produktivitas pati per pohon yang diolah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk proses pamarutan dan ekstraksi per pohon adalah 3,26 jam. Waktu tersebut belum

proses ekstraksi yaitu 19,44 jam. Kebutuhan waktu total untuk kedua proses tersebut (tokok dan ekstraksi) adalah 59,1 jam atau setara dengan 8,44 hari kerja (HOK).

Dibandingkan pengolahan secara tradisional, penggunaan mesin pengolahan sagu

Tabel 4. Kapasitas pengolahan dari mesin yang digunakan dan produktivitas pati per pohon

Ulangan	Massa Empulur (kg/pohon)	Waktu Pamarutan (jam)	Waktu Ekstraksi (jam)	Rendemen Pati Basah (%)	Produksi Pati Basah (kg)
Pohon 1	661	0,62	1,18	27,65	181,4
Pohon 2	1.170	1,20	2,09	38,72	443,8
Pohon 3	667	0,63	1,19	51,49	347,6
Rata-rata	833	0,78	1,48	39,98	324,3
Tradisional		39,66	19,44		-

termasuk penyiapan log sebelum pamarutan dan waktu untuk aktivitas lainnya. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kapasitas pengolahan adalah 1 (satu) pohon per hari dengan produksi pati basah rata-rata 324,3 kg. Di daerah Papua dan Papua Barat, rata-rata produksi pati sagu basah adalah 317 kg/pohon (Darma *et al.*, 2011). Abidin *et al.*, (2019) melaporkan bahwa rata-rata produksi pati basah di daerah Konawe Sulawesi Tenggara berkisar antara 350 kg – 450 kg per pohon. Hasil penelitian Saunggay (2019) menghasilkan produksi pati basah 681 kg 1 (satu) pohon. Hasil penelitian Yamamoto (2011) melaporkan bahwa produksi pati kering per pohon berkisar antara 200-500 kg, sedangkan menurut Konuma (2018) produksi pati kering antara 150-300 kg per pohon. Produksi pati per pohon tidak hanya tergantung pada kandungan pati dalam batang tetapi juga pada diameter dan tinggi batang.

Kapasitas pengolahan secara tradisional, sebagaimana terlihat pada Tabel 3 dan 4 adalah 21 kg/jam untuk penghancuran empulur dengan menggunakan alat "tokok" dan 41,85 kg/jam untuk ekstraksi pati yang oleh masyarakat dikenal dengan istilah rams sagu. Dengan massa empulur batang rata-rata 833 kg, maka kebutuhan waktu untuk penokokan adalah 39,66 jam jika dikerjakan oleh 1 (satu) orang, dan curahan waktu untuk

ini mampu meningkatkan produksi 6 (enam) kali lipat, yaitu dari 1 (satu) pohon per minggu menjadi 6 (enam) pohon per minggu. Girsang (2018) melaporkan bahwa kapasitas produksi pengolahan sagu semi-moderen di Maluku 7,5 kali lebih tinggi dari pengolahan tradisional. Pada pengolahan secara semi mekanis (Darma dan Sumartono, 2015), dengan mesin pamarut tanpa mesin ekstraksi (ekstraksi dilakukan secara tradisional), waktu yang diperlukan untuk mengolah 1 (satu) pohon sagu adalah 3 hari.

Hasil penelitian Darma *et al.* (2011), memperlihatkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengolah 1 (satu) pohon sagu secara tradisional oleh masyarakat Papua adalah 40,92 jam dengan jumlah tenaga kerja 2-3 orang. Hal ini berarti jika dalam sehari dikerjakan dengan jam kerja 7 (tujuh) jam per hari, baru akan selesai dalam waktu 6 (enam) hari. Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), kapasitas kerja untuk mengolah sagu secara tradisional rata-rata 2 (dua) orang pekerja hanya dapat menyelesaikan 2,5 m per hari. Girsang (2018) melaporkan bahwa pengolahan sagu secara tradisional di Maluku hanya mampu mengolah 1 (satu) pohon dalam 2 (dua) minggu.

Saat ini mesin dioperasikan secara mandiri oleh masyarakat setempat tanpa pengawasan dan arahan dari tim peneliti. Laporan terkini dari

warga menyebutkan bahwa telah mengolah 97 pohon tanpa mengalami masalah teknis. Pohon-pohon sagu siap panen yang ada di dusun-dusun sekitar kampung tidak lagi dibiarkan terbengkalai, namun dimanfaatkan secara maksimal baik untuk tujuan memenuhi kebutuhan keluarga maupun untuk dijual. Keberadaan mesin pengolahan sagu ini sangat membantu warga dalam mengolah sumberdaya sagu yang mereka miliki dan telah berhasil menggairahkan minat warga untuk kembali memanfaatkan sagu yang selama ini kurang mendapat perhatian. Dua kampung yang berada di dekat lokasi penelitian telah memesan mesin pengolahan sagu sejenis untuk digunakan di kampung tersebut. Capaian tersebut merupakan bukti bahwa mesin pengolahan sagu skala kecil ini merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan pemanfaatan sumberdaya sagu di tingkat petani.

KESIMPULAN

Penerapan mesin pengolahan pati sagu skala kecil di Kabupaten Supiori mampu meningkatkan kemampuan petani dalam mengolah sagu dari 1 (satu) pohon menjadi 6 (enam) pohon per minggu. Dengan produksi rata-rata 324,3 kg pati basah per pohon, maka dalam 1 (satu) minggu diproduksi 1.946kg pati basah. Penggunaan mesin pengolahan sagu ini dapat meningkatkan efektivitas proses pengolahan sagu secara nyata, sehingga dapat dijadikan salah satu solusi bagi petani sagu untuk mengubah metode pengolahan secara tradisional ke pengolahan secara mekanis.

Kinerja mesin pengolahan yang digunakan adalah (a) Kapasitas pamarutan 1.065 kg/jam, (b) Kapasitas ekstraksi 561,24 kg/jam, (c) Rendemen pati basah 39,98% (d) Persentase kehilangan pati terikat ke ampas 1,80%, serta (e) Konsumsi bahan bakar untuk mesin pamarut 1,46 liter/jam dan mesin ekstraksi 0,95 liter/jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan atas dukungan dana yang diberikan melalui program Penelitian Unggulan Strategis Nasional (PUSN) tahun anggaran 2019. Terima kasih dan apresiasi juga kami sampaikan kepada LPPM Universitas Papua atas fasilitasnya dan kepada masyarakat Kampung Maryadori, Distrik Supiori Selatan, Kabupaten Supiori, Provinsi Papua yang telah berkontribusi selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Bungati, dan Musadar. 2019. Analisis kelayakan dan perspektif pengembangan pengolahan sagu di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 23(3): 301 - 313.
- Bintoro, M.H. 2011. Progress of sago research in Indonesia. *In: Proc. 10th Int.Sago Symposium: Sago for food security, Bio-energy, and Industry From Research to Market*, Bogor, 29-31 October. p. 16 - 34.
- Bintoro, M.H., M.I. Nurulhaq, A.J. Pratama, F. Ahmad, dan L. Ayulia. 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.
- BPPT. 1990. Pengkajian dan pengembangan peralatan pengolahan sagu. BPP Teknologi. Bogor.
- Bujang, K.B. 2011. Potential of sago for commercial production of sugars. *In: Proc. 10th Int. Sago Symposium, Sago for food security, Bio-energy, and Industry*

- From Research to Market, Bogor, Indonesia, Oct. 29-31. p. 36 - 41.
- Cecil, J.E. 1992. Small-medium-and large-scale starch Processing. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin, 98.
- Darma. 2009. Prototype of Cylinder Type Sago Rasper Powered by 5.5 hp Gasoline Engine. *Agrotek Journal*, 1(6): 49 - 56.
- Darma. 2010. Variant-1 of Cylinder Type Sago Rasper Powered by 5.5 hp Gasoline Engine. *Agrotek Journal*, 2(3): 82 - 90.
- Darma, P. Istalaksana, dan A. Gani. 2010. Prototype alat pengekstrak pati sago tipe mixer rotary blade bertenaga motor bakar. *Jurnal Agritech*, 30(2): 204 - 211.
- Darma. 2011. Traditional processing of sago in Papua *In: Proceedings of the 10th International Sago Symposium: Sago for food security, Bio-energy, and Industry From Research to Market October 29 – 30, 2011.* Bogor Agricultural University.
- Darma, X. Wang, dan K. Kito. 2014. Development of cylinder type sago rasper for improving rasping performance. *International Agricultural Engineering Journal (IAEA)*, 23(3): 31 - 40.
- Darma, X. Wang, dan K. Kito. 2014. Development of sago starch extractor with stirrer rotary blade for improving extraction performance. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 6(5): 2472 - 2481.
- Darma dan T. Budi. 2015. Development and performance test of cylinder type sago rasper powered by petrol engine. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA 5 – 7 Agustus, 2015.* Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Darma dan Sumartono. 2015. Pemberdayaan dan pengembangan industri pengolahan pati sago rakyat di Kabupaten Teluk Wondama, Papua Barat. *Laporan Program Insentif Diseminasi Produk Teknologi ke Masyarakat.* LPPM Unipa. Manokwari.
- Darma dan A. Kurniawan. 2016. Effect of cylinder rotation speed, teeth density and engine power rate on performance of cylinder type sago rasping machine. *In: The 1st International Conference: The Role of Agricultural Engineering For Sustainable Agricultural Production (AESAP).* 13-14 Desember, 2016, IPB Bogor.
- Darma, B. Santoso, dan Reniana. 2017. Development of cylinder type sago rasping machine using pointed teeth. *International Journal of Engineering and Technology (IJET-IJENS)*, 17(01): 2472 - 2481.
- Darma. 2018. Improvement of Sago processing machiney. *In: sago palm: multiple contribution to food security and sustainable livelihoods (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson).* Springer. Singapore.
- Darma, B. Santoso, dan M. A. Arbianto. 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 (2019) 012114.
- Ehara, H. 2018. Genetic variation and agronomic features of *metroxylon* palms in Asia and Pacific *In: Sago Palm: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson).* Springer. Singapore.
- Flach, M. 1997. Sago alm. *Metroxylon sagu Rottb.* International Plant Genetic Resources Institute (IBPGR). Rome.
- 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.
- Haryanto, B. dan P. Pangloli. 1992. Potensi dan pemanfaatan sagu. Kanisius. Yogyakarta.
- Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD). 2001. Integrated sago processing machine. IAARD. Serpong, Indonesia.
- Jong, F. S. dan A.Wijono. 2007. Sagu: potensi besar pertanian Indonesia. *Iptek Tanaman Pangan*, 2(1): 54 - 65.
- Jong, F. S. dan C.J. Hoo. 2011. Growth and yields of natural sago forests for commercial operations. *In: Proc. 10th Int. Sago Symposium, Sago for food security, Bio-energy, and Industry from Research to Market*. Bogor, Indonesia, Oct. 29-31. p. 43 - 45.
- Jong, F.S. 2018. An overview of sago industry development, 1980s-2015. *In: Sago Palm: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods* (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore.
- Konuma, H. 2018. Status and outlook of global food security and the role of underutilized food resources. *In: Sago Palm: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods* (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore.
- Manan, D.M.A. 2011. Optimization of sago starch extraction using drum rasper. *In: Proc. 10th Int. Sago Symposium: Sago for food security, Bio-energy, and Industry From Research to Market*, Bogor 29-31 October. p. 93 - 95.
- Matanubun, H. dan L. Maturbongs. 2006. Sago palm potential, biodiversity and socio-cultural consideration for industrial sago development in Papua, Indonesia. *In: Proc. 8th Int. Sago Symposium: Sago Palm Development and Utilization*. Jayapura, 6-8 July. p. 41 - 54.
- 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, dan A. Kurniawan. 2017. Prototipe mesin parut empulur sagu bertenaga motor bakar. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(2): 89 - 94.
- Sauggay, R. 2019. Studi pengolahan sagu (*metroxylon* sp) secara mekanis di Kampung Warbefondi Distrik Supiori Selatan Kabupaten Supiori Provinsi Papua. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian UNIPA. Manokwari.
- Singhal, R.S., J.F. Kennedy, S.M. Gopalakrishnan, A. Kaczmarek, C. J. Knill, dan P.F. Akmar. 2008. Industrial production-processing, and utilization of sago palm-derived products. *Science Direct Carbohydrate Polymers*, 72: 1 - 20. Elsevier.
- Sitkey, G. 1986. *Mechanics of Agricultural material*. Elsevier. Amsterdam.
- Thoriq, A. dan A. Sutejo. 2017. Desain dan uji kinerja mesin pamarut sagu tipe TPB 01. *Jurnal Agritech*, 37(4): 453 - 461.
- Yamamoto. Y. 2011. Starch productivity of sago palm and related factors. *In: Proc. 10th Int.Sago Symposium: Sago for food security, Bio-energy, and Industry From Research to Market*, Bogor 29-31 October. p. 93 - 95.