

PENGARUH METODE PENGUMPANAN BAHAN TERHADAP PERFORMANSI MESIN PEMARUT SAGU (*Metroxylon sagu* Rottb.) TIPE SILINDER

Darma, Reniana, dan Feri Andi Surya

Jurusan Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua
Email: darmabond@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengolahan sagu baik secara tradisional maupun secara mekanis, satu-satunya metode yang digunakan untuk mengekstrak atau memisahkan pati dari ampas adalah dengan menggunakan air. Untuk maksud tersebut, sel-sel empulur harus dihancurkan terlebih dahulu agar pati yang terkandung di dalamnya dapat terekstrak pada saat proses ekstraksi. Pamarutan bertujuan untuk menghancurkan atau merusak struktur seluler empulur batang sagu sehingga butiran pati yang terdapat dalam sel dapat tersuspensi ke dalam air untuk kemudian dipisahkan dari ampas menggunakan saringan. Pada saat ini, mesin pamarut sagu yang banyak digunakan oleh para petani sagu di Papua dan Papua Barat adalah tipe silinder dengan metode pengumpanan bahan tegak lurus terhadap poros silinder. Namun, di beberapa daerah potongan-potongan empulur batang sagu diumpankan ke silinder searah dengan poros. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh metode pengumpanan bahan terhadap performansi mesin pamarut sagu tipe silinder. Pada penelitian ini diuji 4 arah metode pengumpanan bahan yaitu (1) parallel (0°), (2) membentuk sudut 45° , (3) sudut $67,5^\circ$ dan (4) tegak lurus (90°) terhadap poros silinder. Performansi pamarutan dievaluasi dengan mengukur kapasitas pamarutan, rendemen pamarutan, rendemen pati dan kehilangan pati pada ampas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengumpanan bahan berpengaruh nyata terhadap performansi mesin pamarut sagu tipe silinder. Performansi tertinggi diperoleh pada metode pengumpanan bahan membentuk sudut $67,5^\circ$. Performansi mesin pamarut pada kondisi tersebut adalah (1) kapasitas pamarutan 1745kg/jam, (2) rendemen pamarutan 99,3% (3) rendemen pati 26,75% and (4) kehilangan pati pada ampas 16,0%.

Kata kunci-mesin pamarut sagu; metode pengumpanan; performansi pamarutan; tipe silinder

PENDAHULUAN

Pengembangan agroindustri pengolahan sagu skala kecil di Papua dan Papua Barat mempunyai prospek yang cerah karena memiliki bahan baku pohon sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) yang melimpah. Hal ini didukung dan sejalan dengan kebijakan pemerintah daerah yang telah menobatkan sagu sebagai komoditas unggulan lokal dalam upaya mendukung ketahanan pangan (*food security*) dan kedaulatan pangan (*food sovereignty*). Potensi sagu di kedua provinsi paling timur inisangat besar, bahkan terbesar di dunia. Menurut Bintoro (2011), lebih dari 50% potensi sagu dunia berada di Indonesia dan lebih dari 95% sagu Indonesia tersebut tumbuh di kawasan bagian timur terutama Papua. Djoefrie *et al.*, (2014) memperkirakan luas areal sagu di Papua 4,75 juta ha dan Papua Barat 0,51 juta ha. Menurut Jong dan Ho (2011), potensi produksi hutan sagu alam di Papua adalah antara 10 - 15 ton pati kering/ha/tahun. Hal ini berarti bahwa potensi produksi pati sagu di Papua dan Papua Barat adalah 52,6–79,9 juta ton/tahun.

Walaupun Papua Barat memiliki potensi sagu sangat besar, namun produksi dan pemanfaatan pati sagu masih sangat rendah jika dibandingkan dengan potensi produksi yang ada. Jutaan ton pati yang terkandung dalam batang sagu tidak dipanen dan hilang percuma setiap tahunnya. Matanubun dan Maturbongs (2006) memperkirakan bahwa pemanfaatan sumberdaya sagu di Papua kurang dari 5% dari potensi yang ada. Girsang (2018) melaporkan bahwa eksploitasi hutan sagu di Maluku hanya sekitar 4% dari luasan total. Bahkan menurut Samad (2002), pemanfaatan sumberdaya sagu di Indonesia hanya sekitar 0,1% dari potensinya. Padahal, sagu sebagai makanan pokok terbukti menjadi penghasil karbohidrat yang memberikan daya hidup sebagian penduduk dan menjadi sumber karbohidrat alternatif menunjang ketahanan pangan. Rendahnya produksi ini terutama disebabkan karena sebagian besar pengolahan sagu dilakukan oleh masyarakat masih dilakukan secara tradisional dan juga karena lokasi areal sagu umumnya terletak di daerah marginal dengan kondisi geografi dan demografi yang tidak menunjang serta sarana produksi yang masih terbatas. Di sisi lain

beberapa kali telah beroperasi industri pengolahan sagu moderen dengan kapasitas besar yang dikelola swasta maupun pemerintah, namun karena terbentur masalah sosial budaya masyarakat setempat maka industri-industri tersebut tidak dapat bertahan. Untuk menanggulangi kendala ini, perlu dikembangkan untuk kemudian diintroduksi ke masyarakat mesin pengolahan sagu yang harganya terjangkau di tingkat petani, menggunakan teknologi yang mudah diadopsi oleh masyarakat namun efisien dalam penggunaannya

Peningkatan kapasitas pengolahan sagu di tingkat petani dapat dilakukan dengan memperbaiki teknik yang digunakan pada semua tahapan, terutama pada tahapan penghancuran empulur dan ekstraksi oleh karena tahapan inilah yang paling banyak membutuhkan tenaga kerja. Perbaikan teknik pengolahan sagu dapat dilakukan dengan mengintroduksi alat pengolahan yang biayanya terjangkau. Proses pengolahan sagu di seluruh dunia pada dasarnya memiliki prinsip yang sama, perbedaan hanya pada alat/mesin yang digunakan. Pada pengolahan secara tradisional, tahapan yang paling banyak membutuhkan tenaga dan waktu dalam proses pengolahan adalah penghancuran empulur batang dan ekstraksi. Hasil Penelitian Darma (2011) menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang diperlukan untuk penghancuran empulur adalah 53,22 % dari total waktu yang diperlukan untuk pengolahan, dan 38,92 % untuk peremasan/ekstraksi. Dengan demikian sebagian besar waktu untuk pengolahan (92,14 %) tercurah untuk kedua tahapan ini. Penggunaan mesin pamarut sagu merupakan metode yang paling umum digunakan pada industri pengolahan sagu skala kecil dan menengah.

Metode pengumpanan bahan pada mesin pamarut sagu pada umumnya ada 2 cara yaitu tegak lurus (*end on direction*) dan paralel/searah terhadap poros silinder. Pada pengumpanan bahan tegak lurus poros silinder, arah putaran gigi parut searah dengan serat empulur sagu, sebaliknya pada pengumpanan secara paralel arah putaran gigi parut memotong serat empulur. Pada penelitian-penelitian terdahulu (Darma *et al.*, 2014; 2015; 2017; 2019) telah dihasilkan *prototype* mesin pamarut sagu yang telah digunakan secara luas oleh masyarakat di Provinsi Papua dan Papua Barat. Metode pengumpanan bahan pada mesin-mesin tersebut adalah tegak lurus terhadap poros silinder. Mesin pamarut sagu hasil rancangan Reniana *et al.*, (2017) dan Thoriq *et al.*, (2018) juga menggunakan metode pengumpanan bahan secara tegak lurus terhadap poros silinder. Darma (2001) melaporkan bahwa metode pengumpanan bahan secara paralel membutuhkan torsi pamarutan yang lebih rendah dengan hasil rendemen pati lebih tinggi dibandingkan dengan yang tegak lurus. Hermanto *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa metode pengumpanan bahan berpengaruh terhadap peningkatan rendemen dan mutu pati sagu. Namun kinerja mesin menggunakan metode pengumpanan dengan sudut tertentu (selain tegak lurus dan searah) poros silinder belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh metode pengumpanan bahan terhadap performansi/kinerja mesin parut sagu tipe silinder.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan terdiri dari (1) peralatan untuk pembuatan konstruksi mesin pamarut sagu yaitu berupa peralatan perbengkelan standard seperti mesin bubut, mesin las listrik, gurinda, *saw mill*, bor listrik, ragum, meteran, tang, dan berbagai ukuran kunci serta obeng. (2) Peralatan untuk pengujian kinerja mesin yaitu: tacho meter digital, timbangan duduk digital, stop watch, saringan pati manual 100 mesh, blender, *cahain saw*, kampak, pisau dapur, parang, wadah penampung hasil parutan dan pati, karung plastik dan terpal.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi mesin parut sagu adalah besi siku 5 cm x 5 cm x 0,5 cm, plat *stainless steel* SS 304 tebal 2 mm, plat *stainless steel* SS 304 tebal 1 mm, poros as SS 201 Ø 25,5 mm, elektroda las listrin RB 2,6 dan NSN 308, as SS 201 Ø 4 mm, bearing unit UCP 205, motor bensin Honda GX 200, 6,5 hp, pulley Ø 7,62 cm dan Ø 10,16 cm, V-belt A-49, silinder Ø 15 cm panjang 22 cm dari kayu akasia dibalut plat SS 304, dan engsel bubut Ø 12 mm. Bahan untuk uji kinerja berupa empulur batang sagu dan air bersih untuk ekstraksi pati.

B. Pembuatan Konstruksi Mesin Pamarut Sagu Tipe Silinder

Konstruksi mesin pamarut sagu yang dibuat didasarkan pada *prototype* sebelumnya yang telah digunakan secara luas oleh masyarakat di Papua Barat (Darma *et al.*, 2014; 2017). Secara keseluruhan, mesin ini dari 7 komponen utama yaitu: (1) rangka utama (*frame*), (2) motor

penggerak, berupa motor bakar bensin 4 tak, 6,5 hp (honda GX 200T), (3) hopper berfungsi untuk mengarahkan bahan berupa empulur sagu ke komponen silinder parut, (4) silinder parut, terbuat dari kayu akasia yang dilapisi dengan plat SS 304 tebal 1 mm dan dipasang gigi-gerigi (5) Komponen transmisi daya, menggunakan pulley dan V-belt dan (6) saluran pengeluaran hasil parutan (*unloader*) dan (7) penutup silinder baik pada bagian atas maupun pada bagian bawah.

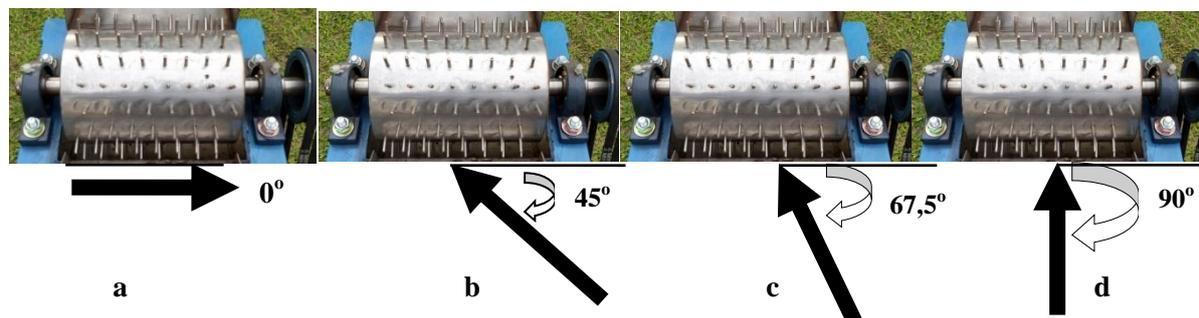
Komponen fungsional mesin parut sagu ini berupa silinder parut yang berfungsi untuk menghancurkan empulur batang sagu menjadi partikel-partikel yang berukuran kecil sehingga pati yang terdapat dalam sel dapat dipisahkan pada proses ekstraksi. Silinder parut terbuat dari kayu akasia yang dilapisi dengan plat SS 304, ukuran panjang 20 cm dan diameter 15 cm. Gigi parut berupa kawat *stainless steel* SS 201, dipasang pada permukaan keliling silinder dengan jarak antar gigi 2,5 cm x 2,5 cm dan tinggi 2 cm dari permukaan silinder. Pengaturan gigi parut dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu proses pamarutan berlangsung, semua gigi berfungsi efektif dan tidak ada bagian empulur yang tidak terparut (Darma *et al.*, 2014). Pada Gambar 1. ditampilkan komponen silinder parut dan konstruksi mesin secara keseluruhan (*overall construction*).



Gambar 1. Komponen Silinder Parut (a) dan Konstruksi Mesin Secara Keseluruhan (b dan c)

C. Pengujian Performansi dan Analisis data

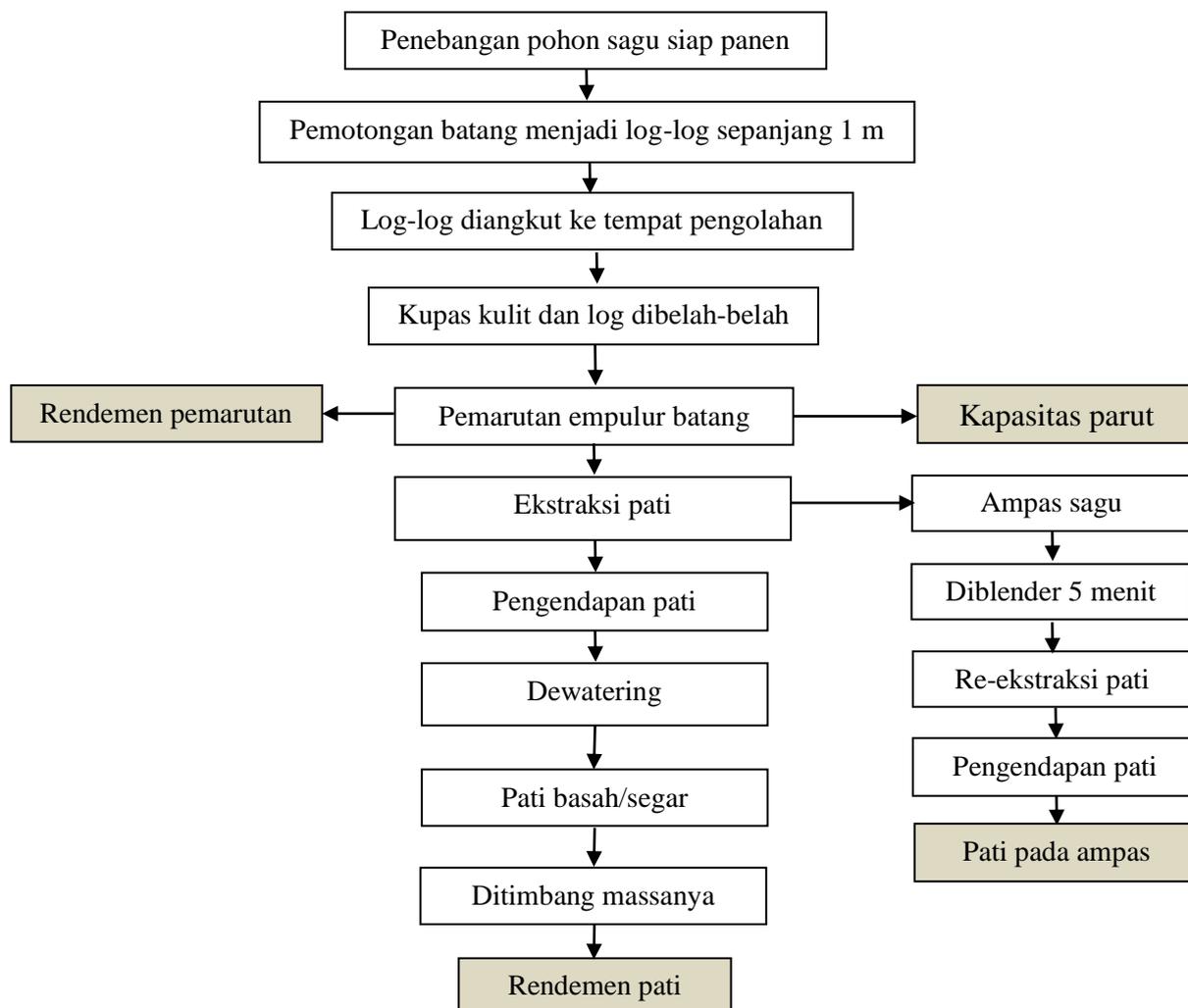
Pengujian dilakukan pada 4 perlakuan metode pengumpanan bahan yaitu (1) parallel dengan poros silinder (0°) (M1), (2), membentuk sudut 45° (M2) (3), membentuk sudut $67,5^\circ$ (M3), dan (4) tegak lurus dengan poros silinder (90°) (M4). Pengaturan sudut pengumpanan bahan dilakukan dengan membuat komponen *hopper* membentuk sudut tertentu terhadap poros silinder sesuai dengan perlakuan. (Gambar 2).



Gambar 2. Metode Pengumpanan Bahan (a) Secara Paralel/Searah Poros Silinder (0°), (b) Membentuk Sudut 45° , (c) Membentuk Sudut $67,5^\circ$, (d) Tegak Lurus dengan Poros/ *end on Direction* (90°).

Masing-masing perlakuan dilakukan pengujian 4 ulangan, sehingga berjumlah 16 unit percobaan. Evaluasi performansi pamarutan dari masing-masing perlakuan dilakukan dengan mengukur variable terikat (*dependent variable*): (1) kapasitas pamarutan, (2) rendemen pati, (3) rendemen pamarutan (*rapping percentage*) dan (4) kehilangan pati pada ampas (*starch losses*). Bagan

alur prosedur pengujian performansi mesin ditampilkan pada Gambar 3. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya menggunakan analisis varian (ANOVA) untuk menentukan pengaruh variabel bebas (perlakuan) terhadap variabel terikat dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (LSD) jika ada perbedaan pengaruh yang nyata antar perlakuan.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Pengujian Performansi Mesin pada Berbagai Metode Pengumpanan

1. Kapasitas pamarutan

Sebelum proses pamarutan, terlebih dahulu log-log batang sagu dikupas kulitnya (*debarking*) kemudian log dibelah-belah berbentuk balok agar sesuai untuk proses pamarutan. Ukuran balok-balok empulur yang diparut dibuat seragam untuk menghindari adanya *error* yang timbul akibat ketidakseragaman ukuran bahan percobaan. Proses pamarutan dilakukan dengan menempelkan dan mendorong potongan-potongan empulur batang ke permukaan silinder yang sedang berputar. Hancuran empulur hasil parutan disebut *repos* (Cecil, 1992; Manan *et al*, 2011) selanjutnya dikumpulkan dan ditimbang. Kapasitas pamarutan dihitung menggunakan persamaan (1):

$$R_C = \frac{m_R}{t} \dots\dots\dots(1)$$

dengan R_c adalah kapasitas pamarutan (kg/jam), m_R adalah massa empulur hasil parutan/*repos*(kg), dan t adalah waktu pamarutan (jam).

2. Rendemen pamarutan

Dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$RP = \frac{m_R}{m_E} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan RP adalah rendemen pamarutan (%), m_R adalah massa empulur hasil parutan/*repos*(kg), dan m_E adalah massa empulur sebelum pamarutan (kg)

3. Rendemen pati (*starch percentage*)

Empulur batang sagu hasil parutan/*ela* (*repos*) selanjutnya diproses lebih lanjut menggunakan alat ekstraksi pati manual menggunakan saringan 100 mesh untuk mengekstrak pati yang terkandung pada empulur. Proses ekstraksi diawali dengan memasukkan *repos* ke dalam alat penyaring berbentuk kotak dan ditambahkan air secara kontinu sambil dilakukan pengadukan dan peremasan secara manual. Selama proses ekstarksi berlangsung, butiran pati terpisah dari ampas lalu kemudian mengalir ke wadah pengendapan pati. Proses ini dihentikan saat semua pati yang terkandung pada *repos* telah terekstrak yang ditandai dengan aliran suspensi dari saringan telah jernih. Hasil suspensi pati dalam wadah pengendapan dibiarkan 5 jam untuk pengendapan pati. Rendemen pati diperoleh dengan menggunakan persamaan (3):

$$SP = \frac{m_s}{m_R} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

dengan SP adalah rendemen pati (%), m_s adalah massa pati basah (kg), dan m_R adalah masa *repos* (kg).

4. Persentase Pati pada Ampas (*Starch Losses in Waste*)

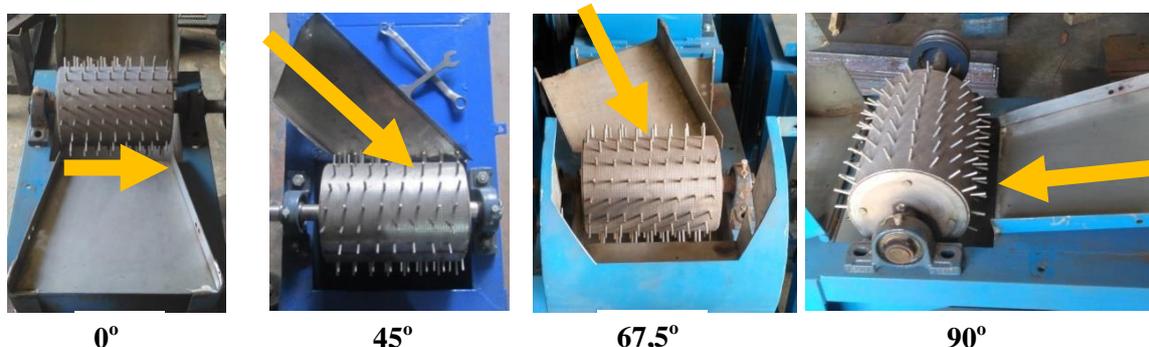
Untuk menentukan jumlah pati yang tidak terbebas dan masih terikat pada ampas (*unfreed starch/starch losses in waste*), 200 g sampel ampas pada setiap unit percobaan diambil untuk diproses lebih lanjut. Sampel ampas diblender selama 5 menit yang dimaksudkan untuk merusak dinding sel jaringan empulur yang belum rusak saat proses pamarutan. Setelah diblender, pati yang terdapat pada ampas diekstrak secara manual menggunakan saringan 100 mesh. Jumlah kehilangan pati pada ampas dihitung menggunakan persamaan (4):

$$Pa = \frac{m_{pa}}{m_a} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sudut *hopper* terhadap poros silinder disesuaikan dengan rancangan perlakuan sehingga metode pengumpanan bahan mengikuti sudut *hopper*. Untuk metode pengumpanan parallel dengan poros silinder (0°) menggunakan sudut *hopper* yang sama dengan yang tegak lurus (90°), namun bahan dipotong-potong sama panjang dengan silinder lalu diumpankan secara parallel menggunakan pendorong berupa empulur sagu berbentuk balok. Kecepatan putar silinder pamarut yang digunakan adalah 2625 rpm (Darma *et al.*, 2014). Pada Gambar 4 dan 5 berturut-turut ditampilkan posisi/sudut *hopper* untuk memfasilitasi metode pengumpanan bahan sesuai dengan rancangan perlakuan dan proses pengujian performansi mesin.



Gambar 4. Posisi Sudut *Hopper* terhadap Poros Silinder



Gambar 5. Pengujian Performansi berbagai Metode Pengumpanan Bahan

Proses pamarutan bertujuan untuk merusak dinding sel empulur batang sagu agar granula pati yang terkandung dalam sel-sel terbebas (*freed or loosen starch*) sehingga bisa tersuspensi ke dalam air pada saat ekstraksi. Tanpa merusak dinding sel jaringan empulur, pati tidak bisa dipisahkan pada saat proses ekstraksi karena masih terkandung dalam sel-sel (*unfreed state*). Pada Tabe 1 disajikan hasil uji performansi mesin pamarut sagu pada berbagai metode pengumpanan bahan.

Table 1. Rata-rata Kapasitas Pamarutan, Rendemen Pamarutan, Rendemen Pati dan Kehilangan Pati pada Ampas pada Berbagai Metode Pengumpanan Bahan

Metode pengumpanan bahan	Kapasitas pamarutan (kg/jam)	Rendemen pamarutan (%)	Rendemen pati (%)	Kehilangan pati pada ampas (%)
Parallel (0°) (M1)	1219 ^a	99,0 ^{ns}	29,87 ^b	10,85 ^a
Sudut 45° (M2)	1232 ^a	98,4 ^{ns}	27,88 ^{ab}	8,80 ^a
Sudut 67,5°(M3)	1745 ^c	99,3 ^{ns}	26,75 ^a	16,00 ^b
Sudut 90° (M4)	1504 ^b	98,3 ^{ns}	25,70 ^a	19,92 ^b

Keterangan: angka dalam kolom sama yang diikuti oleh salah satu huruf yang sama tidak berbeda menurut uji BNJ pada taraf α 5%, ns: tidak berbeda nyata

(1). Kapasitas Pamarutan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa metode pengumpanan bahan berpengaruh nyata terhadap kapasitas pamarutan. Tabel 1 memperlihatkan bahwa kapasitas pamarutan tertinggi (1745 kg/jam) diperoleh pada M3 yang berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya, dan terendah pada M1 (1219 kg/jam) yang tidak berbeda nyata dengan M2. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pamarutan berlangsung lebih efektif pada M3 dibandingkan dengan metode pengumpanan bahan lainnya. Hal ini terutama berkaitan dengan luas bidang kontak antara empulur yang diparut dengan silinder parut. Semakin luas bidang kontak, lebih banyak jumlah gigi yang aktif memarut sehingga kapasitas lebih besar. Hasil ini konsisten dengan penelitian Darma *et al.*, (2019) yang melaporkan bahwa selama kebutuhan torsi untuk pamarutan mencukupi, semakin besar luas bidang kontak maka kapasitas pamarutan semakin tinggi. Disamping itu, metode pamarutan M3 memerlukan kebutuhan torsi yang lebih kecil dibandingkan dengan M4 (90°) karena pada kondisi tersebut serat-serat empulur tidak mesti terpotong, namun sebagian terlepas. Menurut Darma (2001) teknik pamarutan searah serat (0°) membutuhkan torsi/gaya yang lebih kecil dibandingkan dengan teknik tegak lurus (90°), namun demikian kapasitas parut terendah justru pada M1. Hal ini disebabkan karena banyaknya waktu yang terbuang untuk mengambil potongan-potongan empulur dalam jumlah banyak sehingga waktu jeda silinder parut lebih lama. Sebagai tambahan, berbeda dengan ukuran balok-balok empulur untuk M2, M3 dan M4, dimensi empulur adalah 10cm x 10cm x 100cm (terdiri dari 3-4 balok untuk setiap ulangan), sedangkan untuk M1 dimensi empulur adalah 10cm x 10cm x 20cm (15-20 balok per ulangan).

Kapasitas pamarutan tertinggi dari hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Darma *et al.*, (2019) dan Rumayomi (2017) yang memperoleh kapasitas pamarutan berturut-turut 1774 kg/jam 1601kg/jam. Namun demikian, lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas pamarutan mesin pamarut sejenis hasil penelitian Reniana *et al.*, (2017), dan Thoriq *et al.*, (2017), memperoleh kapasitas pamarutan berturut-turut 322,53 kg/jam dan 649,38 kg/jam. Hasil ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas pamarutan yang telah dihasilkan pada penelitian sebelumnya (Darma *et al.*, 2015; 2017) yang memiliki kapasitas pamarutan efektif berturut-turut 1009 dan 866 kg/jam.

2. Rendemen Pamarutan

Rendemen pamarutan adalah rasio antara massa bahan hasil parutan dan massa bahan yang diparut. Pada saat pamarutan berlangsung, kemungkinan ada bahan yang tidak terparut dan juga ada sebagian hasil parutan yang terlempar keluar sehingga merupakan bagian yang hilang (*losses*). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa rendemen pamarutan tidak berbeda nyata antara semua metode pengumpulan bahan. Rendemen pamarutan sebagaimana terlihat pada Tabel 1 berkisar antara 98,3% - 99,3% tergolong tinggi karena hal tersebut menunjukkan bahwa kehilangan hasil parutan kurang dari 2%. Hal ini karena selain konstruksi penutup silinder, *hopper* dan saluran pengeluaran berfungsi efektif, juga karena bahan yang diparut dibuat berbentuk balok sehingga memungkinkan semua bahan terparut dengan sempurna. Rendemen pamarutan hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Thoriq *et al.*, (2017) dan Santosa *et al.*, (2015) dengan rendemen pamarutan berturut-turut 93,29% dan 92,7%.

3. Rendemen Pati (*starch percentage*)

Rendemen pati adalah rasio antara massa pati yang dihasilkan dengan massa empulur hasil parutan (Gambar 6).



Gambar 6. Pati basah hasil ekstraksi (kiri) dan hancuran empulur hasil parutan (kanan)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa metode pengumpulan bahan berpengaruh nyata terhadap rendemen pati. Berdasarkan Tabel 1 memperlihatkan bahwa rendemen pati tertinggi (29,87%) dihasilkan pada metode pengumpulan bahan secara parallel (M1) namun tidak berbeda nyata dengan M2 (27,8%). Rendemen pati terendah adalah pada M4 (25,7%) yang tidak berbeda nyata dengan M3 (26,75%). Terlihat juga dari Tabel 1 bahwa rendemen pati secara konsisten menurun dari M1 ke M4, yang mengindikasikan bahwa ukuran partikel empulur hasil parutan yang dihasilkan pada M1 memiliki derajat kehalusan paling tinggi (paling halus) dan derajat kehalusan paling rendah (paling kasar) pada M4. Semakin halus partikal hasil parutan maka semakin besar presentase pati yang berada dalam keadaan *free state* dan bisa terekstrak pada saat ekstraksi. Jong (2018) dan Cecil (1992) menyebutkan bahwa semakin halus empulur dihancurkan maka semakin banyak pati yang diperoleh.

Rendemen pati yang dihasilkan berkisar antara 25,70 % - 29,87 %. Hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Darma (2009; 2011) dan Darma *et al.*, (2017; 2019), dengan hasil rendemen pati berturut-turut 31%, 38,23%, 44,34% dan 38,5%. Namun, lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Hermanto *et al.* (2011), Irawan (2007) dan Thoriq *et al.*, (2017) yang menghasilkan rendemen pati berturut-turut 19,31%, 17,07%, dan 15,14%. Hasil penelitian

Reniana *et al.*, (2017), dan Payung (2009) menghasilkan rendemen pati berturut-turut 37,44%, dan 30 – 36 %. Tingginya variasi rendemen pati yang dihasilkan oleh berbagai peneliti yang berbeda, di samping dipengaruhi oleh teknik pengolahan yang digunakan, juga dipengaruhi oleh kandungan pati pada empulur batang sago yang diolah. Darma (2011), melaporkan bahwa rendemen pati sago di berbagai lokasi di Papua dan Papua Barat berkisar antara 12.43% - 39.89%. Menurut Singhal *et al.*, (2008) kandungan pati pada empulur sago siap panen berkisar antara 18,8%-38,8%, sedangkan menurut Flach (1997), kandungan pati pada empulur batang sago 10-25%. Jong dan Ho (2011) melaporkan bahwa kandungan pati kering pada empulur batang sago yang berasal dari hutan-hutan sago alam di Sorong selatan rata-rata 12,5%. Yamamoto (2011) melaporkan bahwa persentase pati pada empulur batang sago di sekitar Danau Sentani Jayapura, Papua berkisar antara 22,1%-75,4%.

4. Kehilangan Pati pada Ampas (*starch losses in waste*)

Tidak semua kandungan pati pada empulur sago bisa terekstrak pada saat proses ekstraksi, hanya granula pati yang dalam keadaan terbebas (*free state*) saja yang bisa tersuspensi ke dalam air untuk kemudian dipisahkan dari ampas menggunakan saringan. Sebagian pati yang tidak terbebas (*unfreed starch*) hilang terikut ke ampas sago (*sago pith waste*). Untuk mengatasi kehilangan pati akibat terikut ke ampas tersebut, beberapa industri sago moderen di Malaysia melakukan pamarutan tahap kedua (*secondary rasping*) menggunakan *hammer mill*, namun tidak ekonomis dilakukan untuk industri pengolahan sago skala kecil (Cecil, 1992).

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa metode pengumpanan bahan berpengaruh nyata terhadap jumlah pati yang hilang terikut dalam ampas. Tabel 1 memperlihatkan bahwa persentase kehilangan pati pada ampas terendah yaitu (8.8%) diperoleh pada perlakuan M2 yang tidak berbeda nyata dengan M1 (10,8%) dan tertinggi (19,9%) adalah pada perlakuan M3 namun tidak berbeda nyata dengan M2 (16%). Hasil penelitian Darma (2011) dan Darma *et al.*, 2015; 2017) memperoleh persentase kehilangan pati terikut ke ampas berturut-turut antara 5,79-6,45%, 7,33 %-8,83% dan 13 – 18 %. Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa persentase kehilangan pati pada ampas meningkat dari metode pengumpanan M1 ke M4, berkorelasi negatif dengan rendemen pati.

Evaluasi performansi mesin parut sago sebagaimana dijelaskan di atas didasarkan pada parameter kapasitas pamarutan, rendemen pamarutan, rendemen pati dan kehilangan pati pada ampas. Performansi tinggi ditunjukkan oleh kapasitas pamarutan, rendemen pamarutan dan rendemen pati yang tinggi, dengan kehilangan pati pada ampas rendah. Produksi pati tergantung pada parameter sebagaimana tersebut di atas. Produksi pati tertinggi diperoleh pada kondisi kapasitas pamarutan, rendemen pamarutan dan rendemen pati dengan kehilangan pati pada ampas rendah. Produksi pati diperoleh dari kapasitas pamarutan \times rendemen pati. Berdasarkan Tabel 1, jika empulur hasil parutan (kapasitas pamarutan) dikalikan dengan rendemen pati maka diperoleh produksi pati per jam untuk perlakuan M1, M2, M3 dan M4 adalah berturut-turut 364 kg, 344 kg, 467 kg dan 387 kg. Untuk parameter kehilangan pati pada ampas, walaupun kehilangan pati terendah dihasilkan pada perlakuan M2, namun karena kapasitas pamarutan rendah maka produksi pati per jam adalah terkecil.

KESIMPULAN

Metode pengumpanan bahan berpengaruh nyata terhadap performansi mesin pamarut sago tipe silinder. Performansi terbaik diperoleh pada metode pengumpanan bahan membentuk $67,5^\circ$ terhadap poros silinder. Performansi mesin pamarut pada kondisi perlakuan tersebut adalah (1) kapasitas pamarutan 1745 kg/jam, (2) rendemen pamarutan 99.3%, (3) rendemen pati 26.75% dan (4) persentase kehilangan pati karena terikut ke ampas sebesar 16,0%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi c.q. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas dukungan dana untuk penelitian ini melalui program penelitianstrategis nasional (PSN). Terima kasih dan apresiasi juga kami sampaikan kepada LPPM Universitas Papua atas semua fasilitasnya terkait dengan pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintoro, M. H. 2011. Progress of Sago Research in Indonesia. Proceeding of 10th International Sago Symposium: Sago for Food Security, Bio-energy, and Industry from Research to Market, Bogor: 29-31 October 2011: 16-34.
- Cecil, J. E. 1992. Small-,Medium-and Large-Scale Starch Processing. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin: 98.
- Darma. 2001. Analisis Mekanisme Pamarutan dan Torsi Alat Parut sago (Metroxilon sp.) Tipe Silinder (Tesis). Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Darma. 2009. Prototipe Alat Pamarut Sagu Tipe Silinder Bertenaga Motor Bakar Bensin. Journal Agrotek, Publikasi Ilmu dan Teknologi Pertanian. 1(1): 19-26.
- Darma. 2011. Traditional Processing of Sago in Papua. Proceeding of 10th International Sago Symposium: Sago for Food Security, Bio-energy, and Industry from Research to Market, Bogor: 29-31 October 2011: 29-30.
- Darma, X. Wang and K. Kito. 2014. Development of Cylinder Type Sago Rasper for Improving Rasping Performance. International Agricultural Engineering Journal (IAEJ). 23 (3): 31-40.
- Darma dan B. Triyanto. 2015. Development and Performance Test of Cylinder Type Sago Rasper Powered by Petrol Engine. Prosiding Seminar Nasional PERTETA, Makassar: 5 – 7 Agustus 2015: 858-869.
- Darma dan A. Kurniawan. 2016. Effect of Cylinder Rotation Speed, Teeth Density and Engine Power Rate on Performance of Cylinder Type Sago Rasping Machine. Proceeding of the 1st International Conference : The Role of Agricultural Engineering for Sustainable Agricultural Production (AESAP), Bogor: 13-14 December 2016: 38-46.
- Darma, B. Santoso, 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 (book chapter) 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, 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.
- Djoprie, M.H.B, S. Herodian dan Ngadiono (2014). Sagu untuk Kesejahteraan Masyarakat Papua: suatu kajian dalam upaya pengembangan sago sebagai komoditas unggulan di Provinsi Papua dan Papua Barat. Laporan Penelitian Unit Percepatan Pembangunan Papua dan Papua Barat. Jakarta.
- Flach, M. 1997. Sago Palm. Metroxylon Sagu Rottb. International Plant Genetic Resources Institute (IBPGR). Rome.
- Girsang, W. 2018. Feasibility of Small-Scale Sago Industries in the Maluku Islands, Indonesia (book chapter) in: SAGO PALM: Multiple Contribution to Food Security and Sustainable Livelihoods (Eds: Ehara, H., Y. Toyoda and D.V. Johnson). Springer. Singapore.
- Hermanto, A., Nuwiyah, and Muhidin. 2011. Perbedaan Teknik Pamarutan dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Rendemen dan Kualitas Pati. Agriplus Scientific Journal. 21(1): 30-35.
- Irawan P. 2009. Rancangan dan Uji Teknis Alat Parut Sagu Tipe Silinder (Skripsi) Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jong, F. S. and C.J. Hoo. 2011. Growth and Yields of Natural Sago Forests for Commercial Operations. Proceeding of 10th International Sago Symposium: Sago for Food Security, Bio-energy, and Industry from Research to Market, Bogor: 29-31 October 2011: 43-45.
- Jong, F.S. 2018. An Overview of Sago Industry Development, 1980s-2015 (book chapter) 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. Proceeding of 10th International Sago Symposium: Sago for Food Security, Bio-energy, and Industry from Research to Market, Bogor: 29-31 October 2011: 93-95.

- Matanubun, H., and L. Maturbongs. 2006. Sago Palm Potential, Biodiversity and Socio-cultural Consideration for Industrial Sago Development in Papua, Indonesia, Proceeding of 8th International Sago Symposium: Sago Palm Development and Utilization. Jayapura: 6-8 July 2016: 41-54.
- Payung, P. 2009. Rancang bangun dan Uji Kinerja Mesin Parut Sagu (*Metroxylon* sp) Tipe Piringan. *Journal Agrotek*. 1(4): 32-37.
- Reniana, Darma dan A. Kurniawan. 2017. Prototipe Mesin Parut Empulur Sagu Bertenaga Motor Bakar . *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(2): 89-94.
- Rumayomi, I. 2017. Pengaruh Diameter Silinder dan Sudut Kemiringan Hopper Terhadap Kinerja Mesin Parut Sagu Tipe Silinder Bertenaga Motor Bakar Bensin. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian, Universitas Papua. Manokwari.
- Santosa, Mislaini dan Ronal Putra. 2015. Rancang Bangun Alat Pencacah dan Pamarut Sagu dengan Sumber Penggerak Motor Listrik. *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*. Madura: 2-3 September 2015: 13-32.
- Singhal, R.S., J. F. Kennedy, S. M. Gopalakrishnan, A. Kaczmarek, C. J. Knill, and P. F. Akmar. 2008. Industrial Production-Processing, and Utilization of Sago Palm-derived Products. *Science Direct Carbohydrate Polymers*, 72(1): 1-20.
- 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. *Proceeding of 10th International Sago Symposium: Sago for Food Security, Bio-energy, and Industry from Research to Market*, Bogor: 29-31 October 2011:93-95.