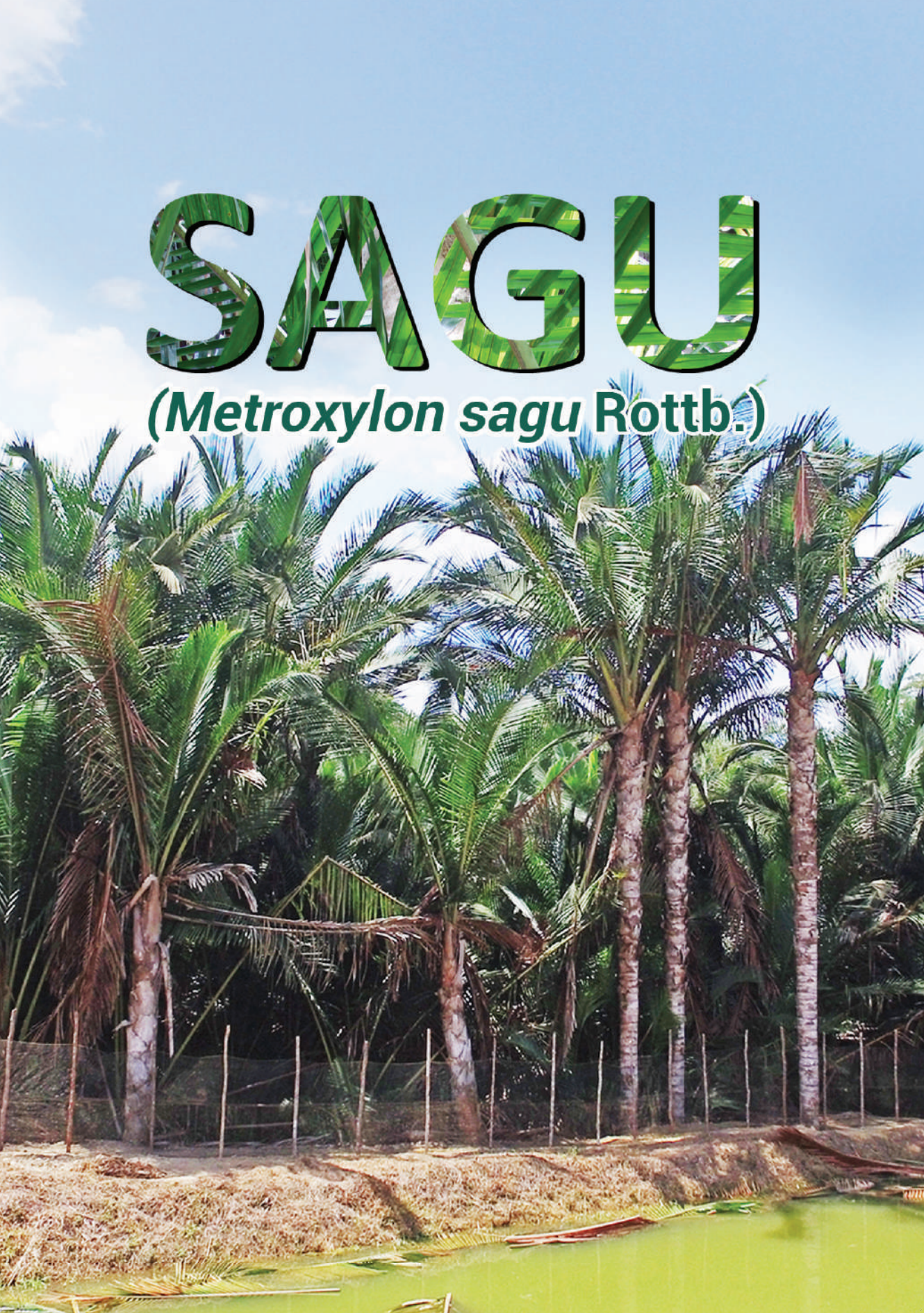
SAGU

(*Metroxylon sagu* Rottb.)

Kementerian Pertanian Republik Indonesia
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian

SAGU

(*Metroxylon sagu* Rottb.)



SAGU

(*Metroxylon sagu* Rottb.)

Kementerian Pertanian Republik Indonesia
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
2019

Cetakan 2019
Hak cipta dilindungi undang-undang
© Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Kementerian Pertanian, 2019

Tim Penyusun:

Pengarah	: Retno Sri Hartati Mulyandari
Penanggung Jawab	: Mimi Haryani
Tim Penulis	: Lukmanul Hakim Dalimunthe, Gayatri K. Rana, Nuraini Ekasari, Penny Ismiati Iskak, dan Juznia Andriani
Editor	: Endang Setyorini dan Slamet Sutriswanto
Perancang Sampul dan Tata Letak	: Suhendra

Katalog dalam terbitan

PUSAT PERPUSTAKAAN DAN PENYEBARAN TEKNOLOGI PERTANIAN
SAGU Lukmanul Hakim Dalimunthe, Gayatri K. Rana, Nuraini Ekasari, Penny Ismiati Iskak, dan Juznia Andriani.--Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2019.

vi, 212 hlm.: ill.; 25 cm

ISBN: 978-602-322-043-4

1. Sagu 2. Budi Daya
I. Judul

633-683

Diterbitkan Oleh:
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jl. Ir. H. Juanda No.20, Kota Bogor 16122
Telepon : +62 251 8321746
Faksimile : +62 251 8326561
E-mail : pustaka@pertanian.go.id
Homepage : www.pustaka.setjen.pertanian.go.id

Keterangan Sampul
Perkebunan Sagu di Konawe, Sultra
Sumber: Pustaka

DAFTAR ISI

Daftar Isi ..... **v**

Kata Pengantar ..... **ix**

BAB I PENDAHULUAN **1**

BAB II POHON SAGU (*THE SAGO PALM*) **7**

A. Taksonomi 10

B. Botani dan Jenis Sagu 12

C. Morfologi Sagu 14

D. Asal dan Sebaran Tanaman Sagu 19

G. Potensi dan Manfaat Pati Sagu 27

BAB III. KETAHANAN PANGAN GLOBAL DAN PERANAN TANAMAN SAGU **31**

A. Produksi Pangan Global dan Prakiraan 2050 32

B. Tantangan Masa Depan 33

C. Keanekaragaman Tanaman Sumber Pangan 35

D. Peran Tanaman Sagu Secara Sosial 37

E. Peran Sagu Terhadap Ekonomi Lokal 38

F. Peran Sagu Terhadap Lingkungan 44

BAB IV. PRODUKTIVITAS SAGU **49**

A. Produktivitas Sagu Rendah 51

B. Pemberdayaan Petani untuk Meningkatkan Produktivitas 53

BAB V. BUDI DAYA SAGU **57**

A. Syarat Tumbuh 59

B. Bahan Tanam 69

C. Pemilihan Lokasi 72

D. Penanaman 73

E. Pemeliharaan Tanaman 75

BAB VI. PANEN DAN PENGOLAHAN SAGU **85**
A. Kriteria Pohon Sagu Siap Panen 85
B. Ekstraksi Empulur Sagu 90

BAB VII. PENGOLAHAN PATI SAGU SEBAGAI BAHAN PANGAN **105**
A. Kegunaan Sagu pada Pangan Tradisional 107
B. Sagu Sebagai Makanan yang Ditanam Sendiri, Makanan Pelengkap dan Makanan Darurat 107
C. Kegunaan Sagu Pada Industri 110
D. Sagu Sebagai Bahan Pangan Baru 111
E. Uji coba Penguna Pati Sagu Pada Makanan Jepang 118

BAB VIII. KEGUNAAN SAGU DALAM INDUSTRI NON PANGAN **127**
A. Pengolahan Bioetanol 128
B. Industri Lainnya 133
C. Ampang Sagu Sebagai Protein Sel Tunggal 124
D. Tantangan dan Prospek Pemanfaatan Pati Sagu pada Industri 134

BAB IX. KUALITAS PATI SAGU **139**
A. Daya Cerna Pati Sagu 147
B. Permasalahan Terkait dengan Kualitas Pati Sagu 148

BAB X. KARAKTERISTIK FISIK-KIMIA DAN FUNGSIONAL PATI SAGU **153**
A. Kandungan Amilosa dan Amilopetin 154
B. Daya Serap dan Daya Larut 154
C. Gelatinisasi dan Retrogasi 154
D. Komponen Non Pangan dalam Batang Sagu 157

BAB XI. PERKEBUNAN SAGU **159**
A. Mendirikan Perkebunan Sagu 162
B. Pengalaman dari Malaysia 164
C. Manfaat Sagu bagi Lingkungan 167

BAB XII. ASPEK EKONOMI DAN PROSPEK PENGEMBANGAN SAGU **171**
A. Perkiraan Produksi Sagu Masa Depan 175
B. Perdagangan Internasional Sagu 177

DAFTAR PUSTAKA **186**

Kata Pengantar

Pohon sagu merupakan anugerah dari Yang Maha Pencipta bagi Indonesia, karena selain potensi karbohidratnya yang besar. Pohon sagu juga berperan membantu membersihkan udara dan menghasilkan oksigen yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Potensi sagu yang besar telah menarik cukup banyak perhatian dari berbagai pihak untuk diteliti dan dikembangkan, akan tetapi penggunaan pati sagu masih belum banyak dimanfaatkan. Meskipun demikian, banyak literatur dari berbagai negara yang menulis tentang peran sagu untuk fungsi non pangan, seperti bahan bio energi, bahan farmasi dan lain-lain.

Perlu upaya dan dana besar untuk pemanfaatan pohon sagu terutama di daerah-daerah terpencil, agar potensi pohon sagu dapat dimanfaatkan secara optimal, lestari, dan dapat dihasilkan pati sagu yang higienis, bermutu serta dapat bersaing secara ekonomi dengan pati dari bahan lain. Para pemegang hak ulayat perlu bijak memberi dukungan dan pengawasan, sehingga konsesi lahan yang diberikan untuk pengelolaan sagu dapat bermanfaat termasuk untuk masyarakat setempat.

Penyusunan buku ini dimaksudkan sebagai bagian dari upaya meningkatkan ketersediaan literatur tentang sagu dan diharapkan dapat menjadi salah satu rujukan bagi para pelajar, pendidik,

pengambil keputusan, maupun para pemilik modal yang ingin menginvestasikan modalnya dalam bisnis sagu. Namun, buku ini disusun hanya atas dasar studi literatur, oleh karena itu banyak hal yang masih memerlukan pendalaman dari studi lapang di sentra-sentra produksi baik dari sisi budi daya maupun pengolahannya.

Buku ini ditulis dengan bahasan yang lebih luas, termasuk uraian mengenai pasar pati dari gandum, pati kentang dan pati dari jagung yang saat ini menjadi acuan pasar pati, baik dalam industri pangan maupun industri non pangan internasional. Dengan demikian, diharapkan para pelajar, mahasiswa, peneliti, pengambil kebijakan, dan pengusaha lebih tertarik dan lebih fokus dalam mempercepat pengembangan industri pati sagu di Indonesia. Sangat disayangkan bila potensi pati sagu baru digerakkan nanti pada tahun 2050 ketika populasi penduduk dunia telah mencapai jumlah yang sangat besar.

Saya menyampaikan selamat dan terima kasih kepada Tim Penyusun atas kerja kerasnya menyelesaikan buku ini. Mengingat pentingnya peran sagu di Indonesia dari sisi sosial, ekonomi dan lingkungan, saya berharap ke depan dapat disusun edisi berikutnya yang menggali lebih dalam lagi, sehingga dapat lebih meyakinkan para pengambil keputusan baik dari sisi investasi bisnis maupun aspek sosialnya. Semoga bermanfaat.

Bogor, November 2019
Kepala Pusat Perpustakaan dan
Penyebaran Teknologi Pertanian

Dr. Ir. Retno Sri Hartati Mulyandari, M.Si

BAB I
PENDAHULUAN

Pada tahun 2000 dunia dipadati oleh sekitar 6,1 miliar penduduk dan pada 2010 jumlah penduduk naik 13% menjadi 6,9 miliar orang. Dengan pertumbuhan yang hanya 0,8% per tahun, penduduk dunia akan menjadi 8,3 miliar orang pada tahun 2030, 8,9 miliar pada 2040, dan paling sedikit 9,4 miliar pada 2050.

Berapa pun jumlah penduduk dunia pada tahun 2050 bukanlah masalah bila para petani dapat menyediakan pangan yang cukup bagi mereka. Namun kenyataannya, pada tahun 2018 saja, dengan penduduk hanya sekitar 7,7 miliar orang, Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menyatakan lebih dari 821,6 juta orang atau 1 dari 9 penduduk dunia masih menderita kelaparan (FAO, IFAD dan WFP 2015).

Upaya mencukupi kebutuhan pangan sejak tahun 2005 sampai 2015 menunjukkan hasil yang positif. Jumlah penduduk dunia yang mengalami kelaparan turun dari 947 juta pada tahun 2005 menjadi sekitar 785 juta orang pada 2015. Namun sejak 2016, perlahan-lahan jumlah penduduk dunia yang mengalami kelaparan naik menjadi

796 juta (2016), 811 juta (2017), dan 821 juta orang pada tahun 2018 (FAO, IFAD, UNICEF, WFP dan WHO 2019). Penduduk dunia yang mengalami kekurangan gizi (undernourished), terbanyak dijumpai di Asia Selatan (antara lain Afganistan, Banglades, Bhutan, India, Maldives, Nepal, Pakistan, dan Sri Lanka) kemudian di sub-Sahara Afrika (46 negara), dan Asia Timur. Hampir 63% dari penduduk yang mengalami kekurangan gizi tinggal di Asia (FAO 2015).

Pada tahun 2009, Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (Food and Agriculture Organization/FAO) memperkirakan, untuk memberi pangan penduduk dunia pada tahun 2050, produksi pangan (termasuk bahan pangan untuk bahan bakar nabati), harus meningkat 70% dibanding tahun 2009. Produksi tahunan sereal harus naik menjadi sekitar 3 miliar ton (dari 2,1 miliar ton) dan produksi tahunan daging naik lebih dari 200 juta ton untuk memenuhi kebutuhan sekitar 455 juta ton (Alexandratos dan Bruinsma 2012).

Kemampuan produksi pangan dan pertanian global untuk memenuhi peningkatan kebutuhan pangan pada tahun 2050 penuh dengan risiko, keterbatasan, dan tantangan. Sangat sedikit ruang yang tersedia untuk memperluas areal pertanian, begitu pula sumber daya air makin terbatas, sementara produktivitas produk pangan berada dalam kondisi stagnan. Dalam situasi demikian, kenaikan produksi pertanian hampir 90% diperkirakan berasal dari lahan pertanian di negara berkembang (Alexandratos dan Bruinsma 2012) dengan dukungan teknologi dan inovasi yang lebih maju.

Dalam situasi yang penuh ketidakpastian itu, muncul ketertarikan para ahli untuk mencari sumber pangan alternatif yang dapat ditanam di lahan tidak termanfaatkan sehingga relatif tidak bersaing dengan tanaman pangan yang ada. Tanaman juga

toleran terhadap cekaman lingkungan dan menghasilkan pati (starch) dalam jumlah besar. FAO menyatakan spesies tanaman yang selama ini terabaikan dan belum dimanfaatkan, memegang peranan penting dalam memerangi kelaparan dan menjadi sumber bahan pangan (Konuma 2018).

Ada berbagai jenis tanaman sumber pati, antara lain padi, gandum, jagung, kentang, ubi jalar, ubi kayu, barley, dan sagu. Di antara polimer karbohidrat, pati mendapat perhatian besar mengingat kegunaannya yang luas dalam produk pangan dan nonpangan, yakni sebagai pengental, penstabil koloid, pembuat gel, bahan pengembang, dan bahan penahan air.

Belakangan ini, perhatian besar juga diberikan kepada pati sagu sebagai bahan pangan baru, khususnya untuk mengantisipasi perkembangan populasi penduduk dunia (Yamamoto 2011). Pati sagu bukan hanya berpotensi sebagai bahan pangan, tetapi juga dapat menjadi sumber energi nabati, seperti etanol. Dibandingkan dengan pati dari tanaman lain, produksi pati sagu memerlukan biaya rendah dengan hasil yang tinggi, sekitar 15–20 ton pati kering per hektare (Flach 1997). Hasil pati sagu ini 3–4 kali lebih tinggi daripada pati dari beras, jagung, atau gandum dan 17 kali lebih tinggi dibanding pati dari ubi kayu (Ishizaki 1998; Singhal et al. 2008).

Sagu merupakan tanaman sumber pangan yang kurang dimanfaatkan. Pohon sagu tumbuh subur di hutan topis dengan suhu udara 25°C dan kelembapan relatif 70%, juga mampu hidup di lingkungan ekstrem seperti lahan tergenang dan lahan gambut (Flach dan Schuiling 1988; Flach 1997). Tiga negara utama yang memiliki kondisi lahan seperti itu ialah Indonesia dengan luas lahan 1.284.000 ha, Papua New Guinea (PNG) 1.020.000 ha, dan

Malaysia 45.000 ha (Flach 1997). Sagu merupakan tanaman asli Asia Tenggara dan Oseania (Flach 1983). Diperkirakan 60 juta ton pati sagu diproduksi per tahun dari Asia Tenggara (Wang et al. 1996).

Pohon sagu dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah besar sehingga dapat membantu mengurangi pemanasan global. Pohon sagu dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 20 m dan menyimpan pati dalam batangnya.

Jepang telah mengimpor sekitar 20.000 ton pati sagu dari Malaysia dan Indonesia selama lebih dari 20 tahun. Di negeri Sakura itu, pati sagu digunakan sebagai tepung pelapis makanan. Butiran pati sagu yang relatif besar dan seragam, cocok digunakan sebagai bahan yang membuat mi tidak saling menempel. Percobaan penggunaan pati sagu pada 14 makanan Jepang menunjukkan hasil yang memuaskan, bahkan ada yang lebih baik dibandingkan dengan pati yang biasa digunakan. Harga pati sagu di pasar dunia pun dapat bersaing dengan pati ubi kayu (Ehara et al. 2018).

Dalam catatan Starch Europe, produksi pati dunia mencapai 73,5–75,5 juta ton per tahun. Setiap tahun, 10 juta ton lebih pati diproduksi di Eropa, 21–22 juta ton di Amerika, 29–30 juta ton di China, 10 juta ton di Asia di luar China, dan 3,5 juta ton di Amerika Selatan (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, dan Venezuela). Pada tahun 2016, Eropa membutuhkan 23,6 juta ton pati, terdiri atas pati jagung 8,0 juta ton, gandum 8,5 juta ton, dan kentang 7,1 juta ton untuk memproduksi 10,7 juta ton produk setara pati berkualitas tinggi, dan 5,0 juta ton hasil ikutan olahan pati. Dari 15,7 juta ton pati dan produk ikutan pati tersebut, 6,0 juta ton untuk kebutuhan pangan, 5,0 juta ton untuk pakan ternak, dan 4,0 juta ton untuk industri nonpangan lain. Bila produktivitas jagung, gandum, dan kentang masing-masing 11,0; 3,2 dan 49,8 t/ha, maka diperlukan

lahan jagung 729 ribu hektare, lahan gandum 2,66 juta hektare, dan lahan kentang 142 ribu hektare, atau total luas lahan yang diperlukan sekitar 3,5 juta hektare. Bila produktivitas pati sagu 20 t/ha, untuk memenuhi kebutuhan 10,7 juta ton pati, lahan yang diperlukan hanya 532 ribu hektare.

Secara teknis, dengan pengolahan yang tepat, pati sagu dapat menggantikan penggunaan pati jagung, pati gandum, dan pati kentang dalam industri pakan ternak dan industri nonpangan, terutama untuk bahan pembuatan kertas. Dari total pasar pati di Eropa sekitar 9,3 juta ton per tahun (2016), 31% digunakan untuk kudapan dan minuman (*confectionery and drinks*), 30% untuk makanan lain (*other foods*), 29% untuk industri karton bergelombang dan kertas, 4% untuk industri farmasi dan kimia, 5% untuk industri bukan makanan lainnya (*others non-food*), dan 1% untuk pakan ternak.

Sumber daya pertanian di Eropa sedang dalam kondisi terancam dengan terjadinya degradasi lahan, erosi tanah, kontaminasi air tanah, dan penggunaan air yang berlebihan. Selain itu, akibat alih fungsi lahan, akses untuk mendapatkan lahan bagi produksi pangan berkelanjutan menjadi krusial. Namun karena pasar pati di Eropa diproteksi dengan pemberian subsidi kepada produsen/petani jagung, gandum, dan kentang, peluang masuknya pati sagu ke Eropa akan mengalami hambatan.

BAB II

Sumber: Pustaka

Rumpun sagu dengan anakan yang belum ditata baik

Sumber: Pustaka

Batang pohon sagu tergeletak setelah ditebang

POHON SAGU (*THE TRUE SAGO PALM*)

Pohon sagu (*Metroxylon sagu Rottb.*) merupakan spesies dari genus Metroxylon yang termasuk dalam keluarga dengan nama umum (bukan nama ilmiah) Palmae. Sagu secara sosial ekonomi merupakan tanaman penting di Asia Tenggara. Sagu tumbuh baik di dataran rendah yang lembap sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut (dpl). Sagu merupakan tanaman sumber pati yang memberikan harapan untuk ketahanan pangan di daerah-daerah sentra sagu (Flach 1997).

Sagu tumbuh di daerah tropis yang terletak pada 10° Lintang Utara (LU) dan 10° Lintang Selatan (LS) di Asia Tenggara dan negara-negara Kepulauan Pasifik, dengan suhu udara hangat sekitar 29–32° C (minimum 15° C). Indonesia memiliki wilayah tempat tumbuh sagu terluas (area tegakan sagu liar dan semi-budi daya), diikuti oleh PNG, Malaysia, Thailand, Filipina, dan negara-negara Kepulauan Pasifik dengan tegakan sagu semi-budi daya.

Flach (1997) menyebutkan pohon sagu tumbuh di rawa payau dan dataran rendah basah sampai ketinggian 700 m dpl. Di rawa

payau, sagu tumbuh di batas rumpun tanaman nipa yang tahan terhadap air rawa berkadar garam tinggi.

Pohon sagu memerlukan waktu sekitar 3,5 tahun sebelum mulai membentuk pati. Pada umur 8–12 tahun, tanaman mencapai tingkat kematangan optimum (sebelum berbunga), dan merupakan waktu yang tepat untuk panen. Sagu tumbuh hingga mencapai tinggi 10–12 m dengan diameter batang 35–60 cm. Batang sagu mengandung 10–25% pati kering atau setiap batang sagu dewasa menghasilkan pati kering 100–300 kg.

Bila tanaman lain menyimpan pati dalam biji atau akar, sagu memproduksi pati yang disimpan dalam batang. Proses penyimpanan pati berlangsung secara bertahap selama bertahun-tahun. Karena itu nama ilmiah sagu adalah Metroxylon sago, metra artinya pith atau parenchym, atau empulur, batang bagian dalam. Sementara xylon (bahasa Yunani) artinya xylem atau kayu, dan sago artinya starch atau pati. Sagu termasuk tanaman hapaxanth (bahasa Yunani kuno, hapax = sekali dan anthos = bunga), atau tanaman yang dalam siklus hidupnya berbunga hanya sekali. Disebut pula tanaman soboliferous (saplings = anakan), yakni tanaman berkembang biak dengan anakan, selain dengan biji.

Siklus hidup pohon sagu berlangsung 11–12 tahun (Flach 1997), dengan empat fase pertumbuhan, yaitu:

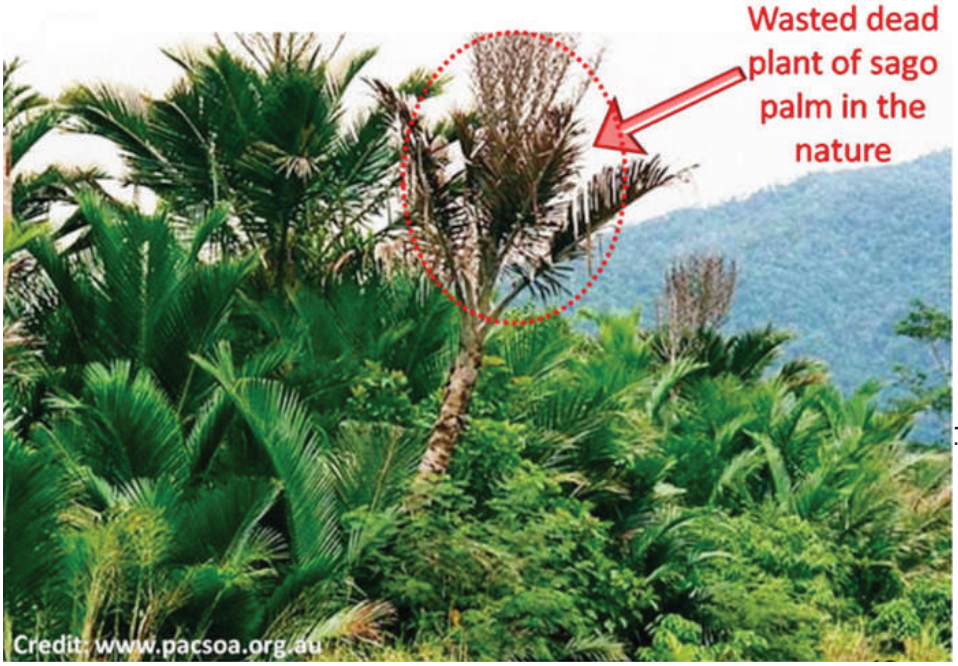
1. Fase pertumbuhan awal atau fase pembentukan rumpun, ditandai dengan munculnya bakal anakan (rosette). Fase ini berlangsung selama 3,5 tahun. Pada fase ini pertumbuhan batang lambat dan telah terbentuk sekitar 90 daun.
2. Fase pertumbuhan batang, termasuk batang dari anakan. Fase ini berlangsung selama 4,5 tahun. Satu daun baru terbentuk

tiap bulan sehingga akan terbentuk 24 daun dan 54 bekas menempelnya daun pada batang karena daun lepas atau gugur. Pada fase ini pohon sagu memproduksi pati dalam jumlah banyak.

3. Fase infloresensia (berbunga) yang berlangsung selama 1 tahun. Pada fase ini, tiap bulan terbentuk dua daun baru dan tingkat produksi pati mulai berkurang, sementara pati yang semula tersimpan di batang bagian bawah mulai bergerak ke batang bagian atas. Oleh karena itu, sebaiknya tanaman sagu dipanen pada awal fase ini.
4. Fase pematangan buah dan pembentukan biji yang berlangsung selama 2 tahun.

Pohon sagu sebaiknya dipanen pada saat masak panen (fase 3 awal), yakni menjelang tanaman berbunga. Ciri-ciri lain yang dapat digunakan untuk menandai pohon sagu yang kandungan patinya mencapai maksimum dan siap untuk dipanen adalah pangkal daun yang terletak di sebelah bawah pelepah berwarna kelabu kebiruan. Bila panen ditunda, pohon sagu akan meneruskan proses alaminya membentuk bunga, buah, dan biji (fase 4).

Pada fase tersebut, kandungan pati dalam batang menurun dan selanjutnya pohon mati “percuma” (Gambar 1) , karena tidak termanfaatkan untuk keperluan manusia. Dengan demikian, pohon sagu menyimpan pati sebagai energi seolah hanya untuk memproduksi bunga dan buah. Setelah bunga dan buah terbentuk, energinya terkuras dan batangnya membusuk. Selanjutnya, anakan yang sudah besar dalam rumpun yang sama akan menggantikannya.



www.pascoa.org.id

Gambar 1. Pohon sagu mati terbuang jika tidak ambil sagunya.

A. Taksonomi

Tanaman sagu memiliki nama umum (vernacular/common name) yang beragam. Di Myanmar disebut "thagu-binb", di Belanda "sagopalm", di Inggris "sago palm" atau "true sago palm", dan di Filipina "lumbia" . Di Perancis sagu disebut "palmier a sagou, sagoutier", di Jerman "sagopalmeu, sagopalme", di Italia "palma da sago", "palma a sagu", di Malaysia "rumbia", di Spanyol "palma sagu", di Thailand "sa khu", dan di Vietnam "sa kuu". Di Indonesia sebutan lain untuk sagu yaitu "kersula", "kirai", "lapia", "ampulung", atau pohon rumbia.

Flach (1997) menyatakan kata "sago" berasal dari bahasa Jawa, yang artinya batang (empulur, bagian dalam setelah kulit batang dikupas) yang mengandung pati. Dalam beberapa bahasa, kata "sago" menjadi nama umum untuk semua tanaman sumber

pati. Di beberapa bahasa, kata “sago” ditulis “sa khu” (Thailand), “sa kuu” (Vietnam), dan “thagu” (Myanmar) yang pengucapannya sangat mirip dengan ucapan kata “sagu”. Jenis pinang-pinangan ini tumbuh merumpun dengan akar rimpang yang panjang dan bercabang menjulur di permukaan tanah. Sagu diperkirakan berasal dari Papua atau Maluku.

Menurut Tjitrosoepomo (1993), sistem klasifikasi nama ilmiah (taksonomi) sagu adalah sebagai berikut:

- Kingdom	:	Plantae
- Filum/divisi	:	Spermatophyta
- Subfilum/subdivisi	:	Angiospermae
- Kelas	:	Monocotyledonae
- Ordo	:	Arecales
- Famili	:	Arecaceae (Palma)
- Subfamili	:	Calamoideae
- Genus	:	Metroxylon
- Spesies	:	Metroxylon sagu
- Sinonim (sebutan 20)	:	Metroxylon rumphii
		M. squarrosum

Famili Arecaceae merupakan kelompok tanaman memanjat dengan batang yang kerap kali tidak bercabang dan mempunyai bekas daun berbentuk cincin. Kadang-kadang dari batang yang terletak di atas tanah keluar beberapa anakan yang membentuk rumpun. Bentuk daun menyirip (palem menyirip) atau bentuk kipas (palem kipas) dengan pelepah daun atau pangkal tangkai daun melebar di bagian dekat batang. Karangan bunga (tongkol bunga) terdapat di ketiak daun, dan kadang-kadang di ujung batang.

Famili Arecaceae terdiri atas enam subfamili dengan sekitar 200 genus dan 2.600 spesies. Tiga dari enam subfamili tersebut adalah Coryphoideae, Calamoideae, dan Arecoideae; yang terbagi dalam 14 genus yaitu *Corypha, Phoenix, Borassus, Eugeissona, Metroxylon, Raphia, Mauritia, Caryota, Wallichia, Roystonea, Butia, Syagrus*, dan *Bactris*. Meski semuanya menghasilkan pati dalam batangnya, hanya Metroxylon yang paling menjanjikan untuk diusahakan karena hasil patinya tinggi.

B. Botani dan Jenis Sagu

Di kawasan Indo Pasifik, terdapat lima jenis palma yang karbohidratnya telah dimanfaatkan, yaitu *Metroxylon, Arenga, Corypha, Euqeissona*, dan *Caryota*. *Arenga pinnata* dikenal dengan aren, kandungan seratnya sangat tinggi, bahkan hampir seluruh batangnya diliputi serat kasar. *Borassus caryota* dikenal dengan pohon lontar. Nira dari tandan bunganya dapat dibuat minuman beralkohol, buahnya disebut siwalan, dan batangnya dijadikan kayu.

Sagu (*Metroxylon sp*.) dalam botani digolongkan menjadi dua, yaitu yang berbunga dua kali atau lebih (pleonanthic) dan yang berbunga sekali (hapaxanth). Sagu yang berbunga satu kali selama hidupnya mempunyai kandungan pati yang tinggi dalam batangnya jika dipanen sebelum tanaman berbunga. Golongan ini terdiri atas Metroxylon longispinum Mart, Metroxylon microcanthum Mart, Metroxylon rumphii Mart, Metroxylon sagu Rottb, dan Metroxylon sylvester Malt. Sagu yang berbunga lebih dari satu kali mempunyai kandungan pati yang rendah. Jenis sagu yang termasuk golongan ini adalah Metroxylon filare dan Metroxylon elantum.

Sagu merupakan spesies tunggal (*Metroxylon sagu*), tetapi masyarakat di sentra-sentra sagu mengklasifikasikannya ke dalam

beberapa varietas lokal. Ciri-ciri utama yang mereka gunakan untuk membedakan varietas sagu lokal beragam, bergantung pada daerahnya. Namun, kebanyakan ciri-ciri itu terkait dengan sifat morfologi tanaman, misalnya ada/tidaknya duri, tinggi tanaman, dan ketebalan kulit batang, tetapi ada juga yang didasarkan sifat-sifat pati, seperti kandungan air, daya larut, dan rasa makanan yang dihasilkan (Ellen 2006). Djoefrie (1990) dan Dewi et al. (2016) menyatakan, masyarakat Indonesia menamakan pohon sagu yang tumbuh di daerahnya berdasarkan adanya duri, warna daun, warna batang, atau warna pucuknya.

Para peneliti berhasil mengidentifikasi jenis dan nama lokal varietas sagu di berbagai daerah di Indonesia. Widjono et al. (2000) mendapati 60 jenis sagu di Papua yang berbeda berdasarkan keberadaan duri, panjang-pendeknya duri, warna kuncup daun, warna daun, warna pati, bentuk pohon, dan diameter batang. Nama-nama lokal jenis sagu itu antara lain adalah Ana Apor, Ana Uwabu, Bibewo, Bibutu, Edidao, Epesum, Wanny Hongleu, dan Wanny Hongsay. Dewi et al. (2016) menemukan 12 jenis sagu di Saifi, sementara Matanubun (2015) mendapatkan 23 jenis sagu di Sentani, Papua, dan 13 jenis di antaranya sagu berduri. Di Meranti, Kepulauan Riau, terdapat tiga jenis sagu (Novarianto et al. 2016), di Sorong, Papua Bara ada 5 jenis, dan di Maluku ada 5 jenis sagu (Bustaman 2005 dalam Bintoro et all (2013). Di Seram, Maluku, terdapat 11 varietas lokal sagu (Ellen 2006), sementara di dekat Danau Sentani, Papua, ada 35 varietas lokal sagu (Yamamoto 2015).

Shimoda dan Power (1992) mencatat ada 15 varietas lokal sagu di daerah Sungai Sepik, PNG. Sementara Toyoda et al. (2005) melaporkan 7 varietas lokal sagu di Arapesh dan 9 varietas di Kwanga di daerah Sungai Sepik, PNG.

Nama-nama varietas lokal tersebut merupakan nama dalam beragam bahasa. Bila dalam bahasa yang sama, jumlahnya mungkin lebih sedikit. Meski demikian, keberadaan varietas-varietas lokal tersebut memiliki peran penting secara sosial karena hal itu menunjukkan tingkat ketertarikan dan ketergantungan masyarakat setempat terhadap sagu.

C. Morfologi Sagu

Sagu tumbuh dalam bentuk rumpun. Setiap rumpun terdiri atas 1–8 batang dan di setiap pangkal batang tumbuh 5–7 anakan. Pada kondisi liar, rumpun sagu akan melebar dengan jumlah anakan yang banyak dalam berbagai fase pertumbuhan (Harsanto 1986). Flach (1983) menyatakan bahwa sagu tumbuh berkelompok membentuk rumpun mulai dari anakan sampai berbentuk pohon. Tajuk tanaman terbentuk dari pelepah yang berdaun sirip. Tinggi pohon dewasa berkisar 8 –17 m, bergantung pada jenis dan tempat tumbuhnya.

Pohon sagu sangat beragam dan Papua memiliki keragaman sagu paling tinggi (Abba et al. 2009, 2010). Keragaman yang tinggi itu terjadi karena penyerbukan silang. Awalnya diketahui ada lima tipe sagu (empat tipe berduri dan satu tipe tidak berduri). Namun, setelah pengamatan tanaman sagu di Maluku dilanjutkan, ada sembilan tipe sagu yang dapat dideskripsi (Djoefrie 1999).

Analisis *deoxyribonucleic acid* (DNA) yang diperkuat dengan *random amplified polymorphic DNA* (RAPD) dapat digunakan untuk mengidentifikasi keterkaitan genetik antarpohon sagu. Dengan menggunakan metode tersebut, pohon sagu yang berasal dari Papua secara genetik berkaitan dengan pohon sagu yang ada di Kalimantan dan Sumatera. Sementara pohon sagu yang berasal dari Maluku secara genetik berkaitan dengan pohon sagu di Sulawesi, dan pohon sagu dari Jawa secara genetik berkaitan

dengan pohon sagu dari pulau-pulau lain (Abbas et al. 2009). Di PNG hanya ada satu tipe pohon sagu, yakni Metroxylon sagu (Kjaer et al. 2014). Hisajima (1995) dalam Konuma (2004) melaporkan adanya kesamaan sekuen genetik yang mengindikasikan bahwa sagu dari PNG menyebar hingga ke Thailand.

Palma yang termasuk subfamili Calamoidea dari famili Arecaceae, termasuk genus *Metroxylon* menghasilkan buah yang terbungkus kulit menyerupai sisik. Sisik-sisik kulit tersusun secara memanjang sejajar (*longitudinal*) dengan 18 baris sisik. Spesies lain dari golongan *Coelococcus* memiliki 24–28 baris sisik.

Pohon sagu berkembang biak dengan biji maupun anakan. Namun, persentase perkecambahan biji sagu sangat rendah sehingga perbanyakan tanaman umumnya menggunakan anakan.

Metroxylon amicarum menghasilkan bunga yang tumbuh lateral atau keluar dari ketiak daun, menyamping sejajar permukaan tanah (ciri sagu yang berbunga lebih dari satu kali). Sementara lima spesies lain menghasilkan rangkaian bunga majemuk di ujung tangkai bunga (ciri pohon sagu yang berbunga satu kali).

Berdasarkan keberadaan duri pada tangkai daun (petiole) dan tangkai bunga (rachis), *Metroxylon vitiense* membentuk duri hitam. Sementara *Metroxylon salomonense* mempunyai duri yang lunak yang berbeda dari spesies lain.

1. Batang

Struktur batang sagu dari arah luar terdiri atas lapisan sisa-sisa pelepah daun, lapisan kulit luar yang tipis dan berwarna kemerahan, lapisan kulit dalam yang keras dan berwarna cokelat kehitaman, lapisan serat, dan terakhir empulur yang berwarna putih dan mengandung pati dan serat. Kandungan pati dalam

empulur sagu berbeda-beda, bergantung pada umur, jenis, dan lingkungan tempat sagu tersebut tumbuh. Seiring bertambahnya umur tanaman, kandungan pati dalam empulur makin tinggi, dan setelah mencapai umur tertentu kandungan pati akan menurun. Penurunan kandungan pati dalam batang sagu biasanya ditandai dengan mulai terbentuknya primodia bunga. Oleh karena itu, petani sagu dengan mudah dapat mengetahui saat rendemen pati sagu mencapai maksimum. Berat empulur sagu mencapai 68% dari berat total batang dan mengandung pati 15–20% (dari total berat batang) atau sekitar 29% dari berat empulur.

Empulur sagu memiliki struktur lunak dan berongga sehingga mudah diparut untuk mengeluarkan patinya. Ukuran pati sagu relatif besar sehingga mudah dipisahkan dari serat dengan cara diendapkan. Setelah dikeringkan, pati sagu dapat disimpan. Pati juga dapat disimpan dalam kondisi basah dengan cara direndam dalam air. Bila tanpa direndam dalam air, pati akan mengeluarkan bau yang tidak enak, seperti susu asam. Pada waktu panen, berat batang sagu dapat mencapai lebih dari dari 1 ton. Dengan kandungan pati 15–30% (berat basah), satu pohon sagu mampu menghasilkan pati basah 150–300 kg (Harsanto 1986; Haryanto dan Pangloli 1992).

2. Daun

Bentuk daun sagu menyirip, dengan tangkai daun yang tegar, melebar pada pangkalnya yang melekat pada batang. Panjang tangkai daun berkisar 4–10 m, tidak berduri, lebar, dari atas berwarna hitam kecokelatan dengan tepi yang meninggalkan bekas daun. Panjang helaian daun termasuk anak daun yang di ujung bisa mencapai 6,5 m. Anak daun setengah terlipat, panjangnya sampai 1,75 m dan lebar 5–7 cm. Jumlah anak daun tiap tangkai berkisar 150–180 helai.

Daun sagu berbentuk memanjang (lanceolatus), agak lebar dan memiliki tulang daun di tengah, bertangkai daun. Antara tangkai daun dan helaian daun terdapat ruas yang mudah dipatahkan (Harsanto 1986).

Daun sagu mirip dengan daun kelapa, mempunyai pelepah yang menyerupai daun pinang. Pada waktu muda, pelepah tersusun secara berlapis, tetapi setelah dewasa akan terlepas dan melekat sendiri-sendiri pada ruas batang (Harsanto 1986; Haryanto dan Pangloli 1992). Menurut Flach (1983), sagu yang tumbuh di tanah liat dengan penyinaran yang baik, saat dewasa memiliki 18 tangkai daun yang panjangnya 5–7 m. Dalam setiap tangkai terdapat sekitar 50 pasang daun yang panjangnya bervariasi antara 60–180 cm dan lebarnya sekitar 5 cm.

Pada waktu muda, daun sagu berwarna hijau muda yang berangsur-angsur berubah menjadi hijau tua, kemudian menjadi cokelat kemerahan setelah tua. Tangkai daun yang tua akan lepas dari batang (Harsanto 1986).

Daun sagu memiliki sekitar 1.000 stomata per mm^2 luas daun sehingga sangat efisien dalam melakukan fotosintesis. Tanaman sagu mengikat karbon dioksida (CO_2) sepanjang tahun, kemudian mengonversinya menjadi karbohidrat yang tersimpan di dalam batang (Jong 1995). Daun memiliki peranan sangat penting sebagai tempat proses fotosintesis untuk pembentukan pati. Apabila pertumbuhan dan perkembangan daun berlangsung dengan baik maka secara keseluruhan pertumbuhan dan perkembangan organ lain seperti batang, kulit, dan empulur pun berlangsung dengan baik dan pembentukan pati optimal.

Sagu termasuk tanaman C3 (hasil fotosintesis berupa molekul karbon yang terdiri atas tiga atom C), berdasarkan anatomi anak

daun (Nitta et al. 2005) dan karakteristik fotosintesisnya (Uchida et al. 1990). Meskipun penelitian fotosintesis pada tanaman sagu masih terbatas, Flach (1977) dan Uchida et al. (1990) melaporkan laju fotosintesis maksimum berkisar 13–15 mg $CO_2/dm^2/jam$ dan 8–12 mg $CO_2/dm^2/jam$, masing-masing untuk anakan muda yang ditanam di pot. Laju fotosintesis maksimum tercapai 37–45 hari setelah helai daun membuka dan 50% dari laju fotosintesis maksimum bertahan selama 70 hari setelah helai daun membuka (Uchida et al. 1990). Hal ini menunjukkan bahwa laju fotosintesis maksimum sagu terjadi lebih lambat dan bertahan lebih lama dibanding tanaman tahunan lain (Uchida et al. 1990).

Laju fotosintesis daun sagu setelah pembentukan batang lebih besar pada pohon yang ditanam di lapangan dibanding yang berada di persemaian. Laju fotosintesisnya bervariasi 25–27 mg $CO_2/dm^2/jam$. Perbedaan laju fotosintesis setelah terbentuknya batang antara lain karena perbedaan ketebalan daun, kandungan klorofil, dan jumlah mulut daun (stomata) (Miyazaki et al. 2007). Uchida et al. (1990) melaporkan bahwa laju fotosintesis pada tanaman sagu di persemaian sangat dipengaruhi oleh kerapatan mulut daun. Menurut Omori et al (2000), perbedaan kerapatan mulut daun bergantung pada posisi daun dan pergantian daun yang terkait dengan umur tanaman. Kerapatan stomata di permukaan bagian atas daun (adaxial) berkisar $50/mm^2$ dan di bagian bawah permukaan daun (abaxial) $400/mm^2$ pada saat di persemaian serta masing-masing sekitar $120/mm^2$ dan $1.000/mm^2$ setelah terbentuknya batang.

Miyazaki et al. (2007) juga melaporkan perbedaan laju fotosintesis pohon sagu yang tumbuh di Bogor, Kendari, dan di sekitar Danau Sentani. Perbedaan laju fotosintesis juga terjadi pada sagu varietas Molat dan Rotan.

3. Bunga dan Buah

Tanaman sagu berbunga dan berbuah pada umur 10–15 tahun, bergantung pada jenis dan kondisi pertumbuhannya. Awal fase berbunga ditandai dengan keluarnya daun bendera yang ukurannya lebih pendek daripada daun-daun sebelumnya.

Bunga sagu merupakan bunga majemuk yang keluar dari ujung atau pucuk batang, berwarna merah kecokelatan seperti karat. Tongkol (tandan) bunga berumur tahunan, panjangnya sekitar 5 m. Bunga dalam satu tandan sebagian berkelamin dua, sebagian jantan, duduk dalam ketiak sisik, berbau tidak enak, sebagian tersembunyi dalam suatu lapisan seperti beludru (vilt) yang tebal berwarna cokelat karat (Haryanto dan Pangloli 1992). Sementara menurut Harsanto (1986), bunga sagu tersusun rapat dalam manggar, berukuran kecil, berwarna putih, bentuknya seperti bunga kelapa jantan, dan tidak berbau.

Tandan bunga sagu bercabang banyak, terdiri atas cabang primer, sekunder, dan tersier (Flach 1983). Pada cabang tersier terdapat sepasang bunga jantan dan betina, namun bunga jantan mengeluarkan tepung sari sebelum bunga betina mekar. Oleh karena itu, sagu diduga menyerbuk silang, sehingga bila tanaman ini tumbuh soliter jarang sekali membentuk buah.

Bila pohon sagu tidak ditebang pada saat berbunga maka bunga akan membentuk buah. Buah sagu berbentuk bulat kecil, bersisik dan berwarna cokelat kekuningan, tersusun dalam tandan mirip buah kelapa (Harsanto 1986). Waktu sejak bunga mulai muncul sampai pembentukan buah sekitar dua tahun (Haryanto dan Pangloli 1992).

D. Asal dan Sebaran Tanaman Sagu

Dalam sebuah uraian etnobotani disebutkan bahwa sejak ratusan tahun silam, sebelum keberadaan Kerajaan Sriwijaya, selain beras

sebagai bahan makanan pokok, terdapat sejenis pohon berbatang cukup besar, kulit tipis yang membungkus kayu cukup keras, dan batang menghasilkan tepung yang disebut dengan tepung sagu (M. sagu). Jenis tepung ini merupakan bahan makanan pokok bagi penduduk di lahan basah pesisir timur Sumatera saat itu. Lingkungan alam pesisir timur Sumatera saat itu berada di titik pusat daerah aliran Sungai Musi. Daerah ini sangat rendah sehingga air pasang laut dapat masuk ke daratan sehingga kapal-kapal besar dapat memasuki Sungai Musi hingga ke kota Palembang (Manguin et al 2006).

Prasasti Talang Tuo di situs Talang Tuo, Kecamatan Talang Kelapa, Palembang, menjadi bukti kuat perihal keberadaan pohon sagu di Taman Śrīksetra Kerajaan Sriwijaya. Dalam prasasti itu disebutkan Taman Śrīksetra yang dibangun oleh Raja Sriwijaya ditanami dengan aneka tumbuhan, antara lain sagu, kelapa, pinang, bambu, aren, dan pohon buah-buahan yang dapat dimakan (Patriana dan Nurhadi 2012). Taman Śrīksetra dibangun setelah dua tahun Dapunta Hyang Sri Jayanasa membangun perkampungan di tepi sebelah utara Sungai Musi pada lokasi yang berbukit-bukit dan berlembah pada tanggal 23 Maret 684 M. Adanya aneka jenis tumbuhan, terutama jenis palma di Taman Śrīksetra, dibuktikan dengan penelitian paleobotani (analisis serbuk sari/polen). Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa jenis Palmae (Arecaceae), sirsak (Annonaceae), dan padi-padian (Gramineae) mendominasi kawasan ini (Arfian 1993).

Penduduk Sriwijaya mendapat bahan makanan dari pohon sagu, selain padi lebak. Tepung sagu memiliki peran penting pada awal sejarah kota pelabuhan ini, bukan hanya untuk penduduk pusat dan pinggiran, tetapi juga sebagai bekal pelayaran karena tahan disimpan lebih dari satu bulan kalau masih basah. Berkat

kemandiriannya dalam bidang pangan, Sriwijaya dapat menandingi kekuatan kerajaan di Jawa. Sebuah sumber dari Cina pada abad ke-13 M menyebutkan bahwa raja hanya dapat memakan sagu. Sagu tersebar di bantaran Sungai Musi karena lingkungannya sangat cocok untuk sagu. Sagu dapat tumbuh pada lahan basah (bukan rawa dalam) atau pinggiran lebak (Charras et al 2006).

Di Indonesia, sagu tidak hanya dijumpai di Maluku, tetapi juga di Kepulauan Mentawai (Sumatera Barat), Aceh, Kepulauan Meranti (Riau), Kalimantan, Sulawesi, Papua, Papua Barat, dan provinsi lain (Bintoro et al. 2013). Menurut Ruddle (1979), pada abad ke-3 ketika Marcopolo berlayar ke Sumatera dan Maluku, dia menjumpai masyarakat di Mentawai, Lingga, dan Maluku mengonsumsi sagu.

Menurut Ali (2015), sagu di Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau, pertama kali ditemukan oleh J.M. Tengkoe Soelong Tjantik Saijet Alwi yang bergelar Tuan Temenggung Marhum Buntat Kepala Negeri dan bertanggungjawab kepada Sultan Siak. Ia diperintahkan oleh Sultan Siak ke-11, yaitu Sultan Assayaidis Syarief Hasyim Abdul Jalil Syaifuddin untuk menjadi pemimpin di Pulau Tebing Tinggi. Tanaman sagu ditemukan di daerah Suak, saat ini bernama Desa Banglas. Banglas sendiri berasal dari kata sebelas, yang berarti sungai kesebelas. Sebelum menjadi sebuah kota, daerah ini awalnya hanya berupa perkampungan nelayan tradisional. Pabrik pengolahan sagu sudah berdiri, yang dibangun pada masa pemerintahan Jepang, yang dinamakan “Kaiso”.

Flach (1997) menyatakan bahwa pohon sagu berasal dari Papua dan PNG. Sekitar 15 jenis sagu ditemukan di sekitar Sentani, Jayapura (Yamamoto et al. 2005). Jenis-jenis tersebut dibedakan berdasarkan ciri-ciri morfologi dan kesesuaiannya terhadap kondisi lingkungan (Barahima 2006). Sementara Matanubun (2015) melaporkan 17 varietas dan 10 subvarietas sagu di sekitar

Danau Sentani, Papua. Dewi et al. (2016) juga menemukan 12 varietas sagu di Desa Sayal, Kecamatan Saifi. Diperkirakan masih banyak jenis sagu yang belum teridentifikasi di Papua dan Papua Barat, meskipun 96 varietas telah ditemukan di Waropen, Salawati, Wasior, Inanwatan, Onggari, Sentani, Kaureh, dan Wandesi di Papua dan Papua Barat.

Sagu yang tidak berduri umumnya ditemukan di bagian Barat Indonesia, sementara sagu yang berduri ditemukan di bagian Timur. Wilayah utama tempat tumbuh sagu ialah Papua, Maluku, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Selawesi Tenggara, Kalimantan Barat, dan Sumatera, khususnya Kepulauan Riau dan Mentawai. Di Jawa, pohon sagu ditemukan di Bogor dan Banten. Di wilayah dengan curah hujan rendah, seperti Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT), pohon sagu sulit ditemukan (Djoefrie 1999).

Areal sagu dapat berupa hutan sagu alami dan sagu semi-budi daya. Sebagian besar areal sagu di Papua dan Papua Barat masih berupa hutan sagu alami dengan produktivitas yang rendah. Menurut Djoefrie (1999), hutan sagu dijumpai di tepi pantai hingga lokasi dengan ketinggian 1.000 m dpl, di bantaran sungai, di sekitar danau, atau rawa. Di Indonesia, pohon sagu tidak tersebar dalam perkebunan yang luas, tetapi berupa luasan kecil-kecil di berbagai pulau sehingga sulit didata sebarannya. Selain itu, lingkungan tumbuh sagu yang berada di bantaran sungai dan rawa-rawa yang genangan airnya cukup dalam, serta rapatnya populasi di hutan sagu, menyulitkan pendataannya.

Indonesia memiliki areal perkebunan sagu dan hutan sagu terluas dengan keanekaragaman genetik terkaya. Sekitar 1 juta hektare dari 2 juta hektare areal sagu dunia ada di Indonesia (Flach 1983). Bahkan Kertopermono (1996) melaporkan luas areal sagu Indonesia mencapai 1,53 juta hektare yang tersebar di Papua 1,4

juta hektare, Sulawesi 45,5 ribu hektare, Maluku 42 ribu hektare, Sumatera 31,9 ribu hektare, Kalimantan 2,8 ribu hektare, dan Jawa Barat 300 hektare. Pertanaman sagu di Indonesia tersebar tidak merata, begitu pula keragaman genetiknya. Flach (1983) memperkirakan keragaman genetik sagu di Papua lebih tinggi daripada di daerah lain.

Sebaran hutan sagu terluas terdapat di Provinsi Papua dan Maluku, yang juga merupakan pusat keragaman genetik sagu tertinggi di dunia. Sampai saat ini, informasi tentang luas hutan sagu di Indonesia masih menggunakan data yang diuraikan oleh Flach (1997), yaitu 1,25 juta hektare, yang tersebar di Papua 1,2 juta ha dan Maluku 50.000 ha, serta 154.000 ha sagu semi-budi daya yang tersebar di Papua, Maluku, Sulawesi, Kalimantan, Sumatera, Kepulauan Riau, dan Kepulauan Mentawai. Rincian sebaran hutan sagu dan sagu semi-budi daya di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi area hutan sagu dan sagu semi-budi daya di Indonesia.

Lokasi	Luas hutan sagu (ha)	Luas sagu semi budi daya (ha)
Maluku	50.000	10.000
Sulawesi	-	30.000
Kalimantan	-	20.000
Sumatera	-	30.000
Kepulauan Riau	-	20.000
Kepulauan Mentawai	-	10.000
Kepulauan Burung/Bintuni	300.000	2.000
Jayapura dan Sekitarnya	400.000	20.000
Papua Bagian Selatan	350.000	2.000
Lokasi Lainnya	150.000	10.000
Total	1.250.000	154.000

Sumber : Flach 1997

Haryanto dan Pangloli (1992) memperkirakan luas areal pertanaman sagu di Indonesia mencapai 851 ribu hektare,

sementara Flach (1983) dan Bintoro et al. (2013) memperkirakan luas areal sagu di Indonesia mencapai 1,25 juta hektare, termasuk 154 ribu hektare sagu semi-budi daya. Studi lain mengungkap luas areal sagu Indonesia mencapai lebih dari 1,12 juta hektare dan 90% berada di Papua (Jong dan Widjoyo 2007). Sementara berdasarkan data areal sagu di lokasi dan waktu yang berbeda (Alfons and Bustaman 2005; BPPS Maluku 2009; Bintoro 2011), total areal sagu di Maluku mencapai 64,2 ribu hektare yang berpotensi menghasilkan pati sagu 8 ton/ha/tahun atau total sekitar 500 ribu ton pati sagu.

Sampai saat ini, sebaran dan potensi alami sagu di Indonesia belum diketahui secara pasti. Namun dari hasil penafsiran tutupan lahan dari citra satelit Landsat 7 ETM+ di lahan-lahan yang terindikasi sebagai tempat tumbuh sagu (belukar rawa, hutan mangrove sekunder, hutan rawa primer, hutan rawa sekunder, dan rawa) diperoleh rincian luasan di masing-masing wilayah.

Selain di Indonesia, sagu juga menyebar di sebelah Timur Melanesia, Pasifik Selatan (180° BT) hingga ke sebelah Barat di India (90° BT), dan dari sebelah utara Mindanao Filipina (10o LU) hingga ke sebelah Selatan di Pulau Jawa (10° LS) (Johnson 1977). Negara-negara yang wilayahnya merupakan bagian dari sebaran sagu dunia antara lain adalah Indonesia, Malaysia, PNG, Filipina, dan Thailand. Luas sebaran sagu di negara-negara tersebut berbeda-beda, terluas terdapat di Indonesia, Malaysia, dan PNG.

Sagu juga menyebar hingga ke Melanesia. Menurut Ruddle (1979), 300 ribu orang di Melanesia mengonsumsi pati sagu sebagai makanan pokok, dan sekitar satu juta orang mengonsumsinya sebagai makanan diet. Menurut Ave (1977), sagu merupakan tanaman multifungsi: patinya dapat menjadi makanan pokok dan sisa pengolahan empulurnya dapat diolah menjadi obat, pestisida, dan racun ikan. Haryanto dan Pangloli (1992) menyatakan masya-

rakat di beberapa daerah di Maluku mengonsumsi sagu sebagai makanan pokok.

Sagu telah lama digunakan sebagai bahan pangan, sama seperti pisang dan talas (Barrau 1959) dan merupakan salah satu jenis tanaman tertua yg digunakan manusia sejak zaman dulu (Takamura 1990). Sagu merupakan tanaman penting untuk bahan pangan, sebelum beras dikenal, sekitar 5000 tahun lalu di China Selatan (Yang et al. 2013). Lima spesies *Coelococcus* tumbuh mewakili setengah bagian Timur tempat penyebaran *Metroxylon* (McClatchey 1998; Ehara 2015a). Satu spesies tersebar di Melanesia dan empat spesies tersebar di sepanjang Melanesia dan Polynesia dari Kepulauan Solomon dan Vanuatu ke Fiji dan Samoa. McClatchey (1998) melaporkan masyarakat di Rotuma, Fiji mengonsumsi pati sagu dari *M. warburgii* yang kadang disebut sebagai sagu Vanuatu. *Metroxylon amicarum* (*Caroline ivory nut palm*) digunakan di Moen, Mikronesia sampai tahun 1940-an, dan *M. warburgii* digunakan di Gaua, Vanuatu paling tidak sampai 1950-an (Ehara et al. 2003).

Di Malekula Vanuatu, *M. warburgii* kadang digunakan sebagai makanan darurat. Masyarakat Indo-Fijian sering memanen M. vitiense (Fijian sago palm) untuk mengambil pucuknya yang biasa disebut palm cabbage (Ehara 2015c) untuk dimasak seperti rebung. Bedanya, rebung diambil dari pucuk tanaman bambu muda yang baru muncul dari tanah, sedangkan palm cabbage diambil dari pohon palma yang batangnya sudah setinggi 1–1,5 m dan berdaun banyak. Untuk memanennya, batang sagu ditebang dan daunnya dibuang, lalu bagian tengah batang di dekat titik tumbuh, berupa daun muda lunak berwana putih dan masih menggulung dengan panjang kira-kira 60 cm, diambil lalu dipotong kecil-kecil untuk dimasak. Meski saat itu pati sagu digunakan sebagai bahan pangan di Fiji dan Vanuatu, sangat sedikit bukti yang dapat ditemukan saat

ini, kecuali di Pulau Espiritu Santo, Vanuatu, dan di Pulau Rotuma, Fiji (Connell dan Hamnett 1978).

Menurut Flach (1997), areal sagu dunia mencapai 2,4 juta hektare. Namun menurut Djoefrie et al. (2014), di Papua saja, sagu tumbuh di area seluas 4,7 juta hektare dan di Papua Barat 510.000 hektare. Luas areal sagu di Indonesia mencapai 5,5 juta hektare atau 85% dari luas areal sagu dunia. Sebanyak 5,2 juta hektare atau 95% terdapat di Papua dan Papua Barat (Djoefrie et al. 2014) serta 0,3 juta hektare menyebar di beberapa pulau di Indonesia. Sementara di Kabupaten Kepulauan Meranti, terdapat perkebunan sagu rakyat seluas 42.130 hektare dan 21.418 hektare perkebunan sagu milik perusahaan swasta.

Di Thailand, areal sagu mencapai 3.000 hektare (Flach 1997). Pohon sagu tumbuh di dataran basah, sepanjang kanal, dan di hutan di Thailand bagian Selatan (Konuma 2008), juga di lahan gambut sebagai hutan sagu di Provinsi Narathiwat (50%), Nakhon Si Tammarat (25%), Songkhla (7,5%), Chumporn (5%), Phatthalung (4%), dan di Pattani (2%), sisanya terdapat di Provinsi Trat, Surat Tahani, Phang Nga, Krabi, dan Saturn (Jirasak et al. 1996 dalam Konuma 2014). Menurut Land Development Department of Thailand, di Thailand terdapat 64.000 hektare lahan gambut yang berpotensi menjadi tempat tumbuh sagu (Klanarong 1999 dalam Konuma 2014).

Di Malaysia, areal sagu terdapat di Sabah (10.000 ha), Sarawak (30.000 ha), dan di Malaysia Barat (5.000 ha). Areal sagu di Malaysia sudah berupa perkebunan. Di Filipina, areal sagu mencapai 3.000 ha (Flach 1997). Santillan et al. (2012) dengan menggunakan gambar yang diambil Landsat (satelit) mendapati luasan sagu di Provinsi Agusan del Sur mencapai 597 ha. Pohon sagu banyak terdapat di rawa payau di dataran rendah Mindanao dan telah ditanam di

beberapa tempat di Cebu, Bohol, Siquijor, Mindanao (Agusan, Surigao, Misamis, Zamboanga, Cotabato, Davao), Basilan, dan Sulu (Fosberg et al 1987).

Di PNG, areal sagu berupa hutan sagu 1,0 juta hektare dan setengah perkebunan 20.000 hektare (Flach 1997). Di Brunei Darussalam, sagu digunakan sebagai makanan pokok kedua setelah nasi. Daerah produksi sagu di Brunei meliputi Kecamatan Kuala Belait, Tutong, dan Teburong (Ruddle 1979). Total luas areal sagu di kecamatan-kecamatan tersebut belum diketahui pasti. Sagu juga dijumpai di Guam, Palau, Nukuoro, Kosrae, dan Jaluit (Fosberge et al. 1987). Sagu juga telah menyebar ke Banglades, Kosta Rika, Brasil, dan Zaire. Rincian sebaran hutan dan tanaman sagu menurut negara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Hutan Sagu Menurut Negara

Lokasi	Hutan Sagu (ha)	Semi Budi Daya (ha)	Jumlah (ha)
Papua New Guinea	**1.000.000**	**20.000**	**1.020.000**
Sepik	500.000	5.000	505.000
Gulf	400.000	5.000	405.000
Lainnya	100.000	10.000	110.000
Indonesia	**1.250.000**	**134.000**	**1.384.000**
Papua + Papua Barat	1.200.000	14.000	1.214.000
Maluku	50.000	10.000	60.000
Sulawesi	-	30.000	30.000
Kalimantan	-	20.000	20.000
Sumatra	-	30.000	30.000
Kepulauan Riau	-	20.000	20.000
Kepulauan Mentawai	-	10.000	10.000
Malaysia	-	**45.000**	**45.000**
Sabah	-	10.000	10.000
Sarawak	-	30.000	30.000
Malaysia Barat	-	5.000	5.000
Thailand	-	**3.000**	**3.000**
Filipina	-	**3.000**	**3.000**
Negara Lain	-	**5.000**	**5.000**
Total	**2.250.000**	**210.000**	**2.460.000**

Sumber: Flach 1997

E. Potensi dan Manfaat Pati Sagu

Pati dibutuhkan baik sebagai bahan pangan maupun industri. Dengan demikian, pati sagu berpeluang memperoleh bagian di pasar pati dunia. Apalagi pati sagu memiliki sifat-sifat unik dan cocok untuk beberapa keperluan (Hamanishi et al. 1999). Beberapa sifat pati sagu itu adalah butirannya besar, warna gel transparan (bening), daya mengembangnya tinggi, tidak mengandung gluten, dan lambat melepas kandungan gula. Akhir-akhir ini, sifat gelnya yang bening dimanfaatkan dalam industri pembuatan sohun bening/transparan (*glass noodle*) yang berbeda dengan sohun warna putih (vermicelli) yang terbuat dari tepung beras. Sifat lain yang dimiliki pati sagu dapat dimanfaatkan secara komersial dan bersaing secara kompetitif.

Bila diasumsikan produktivitas sagu dapat naik menjadi 30 ton/ha dan luas lahan sagu 2,47 juta hektare (Flach 1984), maka total pati yang dihasilkan mencapai 74,2 juta ton per tahun. Bila konsumsi pati sagu 180 kg/kapita/tahun (Yamamoto 2011) maka pati sagu secara teori cukup untuk memberi makan 412,3 juta orang penduduk dunia per tahun. Kemampuan sagu menjadi sumber bahan pangan ini mengindikasikan bahwa sagu dapat menjadi solusi dalam mengatasi masalah ketahanan pangan.

Ditinjau dari keamanan nutrisi, potensi produksi pati sagu untuk memenuhi 1,8 juta penduduk di Provinsi Maluku adalah sebesar 1.593 kkal/orang/hari atau 145% dari kebutuhan 1.100 kkal/orang/hari (kebutuhan nyata, bukan rekomendasi Angka Kecukupan Gizi/AKG). Jika luas areal sagu di Maluku ternyata 30% lebih sempit dari perkiraan (karena alih fungsi lahan untuk tanaman lain, permukiman, atau infrastruktur) maka luas areal sagu di Maluku sekitar 45 ribu hektare dengan potensi produksi pati 7,8

ton/ha atau 350 ribu ton/tahun, dan nilai ekonomi sekitar USD 770/ton atau total USD 270 juta.

Batang sagu telah lama dimanfaatkan sebagai sumber pati untuk bahan pangan pokok maupun bahan pakan ternak. Pati sagu mengandung 27% amilosa (polimer lurus) dan 73% amilopektin (polimer bercabang) (Ito et al. 1979). Sementara Kawabata et al. (1984) melaporkan kandungan amilosa dalam pati sagu mencapai 21,7%. Perbedaan kandungan amilosa dapat saja terjadi karena perbedaan umur, varietas, atau kondisi tempat tumbuh sagu (Flach 1997).

Di beberapa daerah di Thailand Selatan, masyarakat setempat mengekstraksi pati sagu dalam skala rumah tangga untuk bahan baku membuat roti, mi, pasta, dan produk lainnya (Klanalong 1999). Flach (1997) menyatakan, dalam industri pati modern, beragam jenis pati dapat dimodifikasi dan pati sagu dapat bersaing dengan pati dari sumber lain. Bahkan untuk beberapa tujuan, pati sagu lebih disukai. Kajian terhadap penggantian tepung terigu dengan pati sagu dalam pembuatan kue kering menunjukkan bahwa pati sagu dapat menggantikan tepung terigu hingga 40% dan mendapat penerimaan yang baik dari konsumen di Thailand Selatan. Penemuan ini menunjukkan potensi pati sagu untuk mengganti tepung terigu pada produk makanan sehingga dapat meningkatkan ketersediaan bahan pangan pokok di dunia. Ini merupakan kesempatan bagi sagu untuk mendukung ketahanan pangan rumah tangga hingga global sebagai pengganti tepung terigu (Konuma et al. 2012).

Sumber: tabloid sinar tani

Ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) yang cukup banyak penggemarnya.

Sumber: Kompas/Wisnu Widiantoro

Pati sagu setelah diekstraksi dari empulur

BAB III
KETAHANAN PANGAN GLOBAL DAN PERAN TANAMAN SAGU

Alexandratos dan Bruinsma (2012) memproyeksikan produksi pangan global pada tahun 2050 perlu dinaikkan 60% dari produksi pangan 2005–2007 untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk dunia. Namun sumber daya yang tersedia untuk memproduksi pangan makin terbatas, seperti lahan dan air, sehingga akan mengancam produksi pertanian di masa depan.

Dalam keadaan seperti itu, diperkirakan hampir 90% peningkatan produksi pertanian hanya berasal dari lahan yang ada saat ini dengan cara peningkatan hasil melalui penerapan inovasi. Dengan kata lain, dunia akan menghadapi beragam tantangan dan ketidakpastian akibat pertumbuhan produktivitas tanaman serealia utama sudah stagnan, dampak negatif perubahan iklim, dan persaingan dalam penggunaan lahan pertanian dan air dengan tanaman penghasil bahan bakar. Pada kondisi seperti itu, FAO menyatakan bahwa spesies tanaman pangan yang terabaikan dan tidak termanfaatkan, memainkan peranan penting dalam melawan kelaparan dan merupakan kunci dalam pengembangan pertanian dan pedesaan.

Pohon sagu diidentifikasi sebagai tanaman pangan paling menjanjikan, namun kurang termanfaatkan dan masih mendapat sedikit perhatian dan penelitian di masa lalu. Pohon sagu mampu menghasilkan pati dalam jumlah besar (150–300 kg sagu kering per pohon). Sementara bagian lain dari pohon sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan atap rumah, pakan ternak, produksi ulat sagu, anyaman, dan lain-lain. Dengan demikian, pengembangan pohon sagu dapat mendukung ketahanan pangan nasional dan rumah tangga, serta memperkuat pendapatan keluarga dan membuka kesempatan kerja di pedesaan.

A. Produksi Pangan Global dan Perkiraan 2050

FAO memperkirakan dunia saat ini mampu memproduksi pangan dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan penduduk dan untuk menjaga persediaan pangan dalam jumlah yang aman, yaitu sekitar 25% dari jumlah pangan yang dikonsumsi tahun sebelumnya. Meskipun pasokan dalam keadaan positif, FAO memperkirakan bahwa 795 juta orang penduduk dunia dalam tahun 2014–2016 terindikasi tidak dapat memenuhi kebutuhan pangannya. Berarti 1 dari 9 orang penduduk dunia menderita kelaparan kronis dan tidak memiliki cukup pangan bergizi seimbang untuk hidup aktif dan sehat.

Perserikatan Bangsa Bangsa memproyeksikan bahwa jumlah penduduk dunia akan bertambah 2 miliar orang menjadi 9,3 miliar orang pada tahun 2050. Pendapatan dan kebutuhan kalori per kapita bahkan tumbuh lebih cepat. Berdasarkan perkiraan FAO, pada 2050, sekitar 52% dari penduduk dunia tinggal di negara-negara yang kebutuhan kalori per kapitanya lebih dari 3.000 kkal/hari, sementara penduduk yang tinggal di negara-negara dengan kebutuhan kalori per kapita 2.500 kkal/hari turun jumlahnya dari 2,3 miliar menjadi 240 juta orang.

Untuk memenuhi peningkatan kebutuhan pangan karena cepatnya pertumbuhan populasi penduduk dunia dan meningkatnya konsumsi pangan per kapita, FAO memproyeksikan bahwa produksi pertanian global pada tahun 2050 harus meningkat 60% lebih tinggi dari produksi tahun 2005/2007. Peningkatan produksi hasil pertanian (hampir 90%) menuju tahun 2050 terutama diharapkan berasal dari perbaikan hasil penelitian pertanian, intensifikasi terutama di negara-negara maju, serta pertambahan luas lahan sekitar 5% (70 juta hektare) di negara-negara sedang berkembang di Afrika dan Amerika Latin.

B.Tantangan Masa Depan

Kenaikan produksi pangan sebesar 60% pada 2050, dapat dicapai bila asumsi-asumsi dan persyaratan-persyaratan tertentu terpenuhi. Namun, ada beberapa tantangan dan ketidakpastian yang harus dihadapi.

1. Luas Lahan Pertanian Relatif Stagnan

Dalam perspektif global, perluasan lahan pertanian akan terhenti. Lahan pertanian pada tahun 2050 diproyeksikan hanya akan naik 70 juta hektare (5% dari luas lahan tahun 2005–2007). Keterbatasan lahan ini diperparah dengan pertumbuhan populasi penduduk yang cepat dan kurangnya kesempatan memperoleh pendapatan karena kelangkaan lahan menjadi penyebab bertambahnya kemiskinan dan perpindahan penduduk. Oleh karena itu, kelangkaan sumber daya lahan menjadi keterbatasan nyata dalam upaya mencapai ketahanan pangan bagi penduduk dunia.

2. Kelangkaan Air

Ketersediaan sumber daya air juga kritis, padahal air dan infrastruktur irigasi berperan penting dalam peningkatan hasil panen dan pertumbuhan produksi. Lahan pertanian beririgasi

bertambah luas dua kali sejak tahun 1960-an menjadi 300 juta hektare, tetapi setelah itu, potensi pertambahan luasnya sangat terbatas. Sumber daya air sangat langka di Asia Dekat dan di Afrika Utara serta di Utara Tiongkok, padahal di wilayah-wilayah itu air sangat dibutuhkan. Menurut FAO, pertambahan luas lahan beririgasi 20 juta hektare (7% dari luas lahan pada 2005–2007) diharapkan dapat terealisasi hingga 2050. Di sisi lain, sektor pertanian menggunakan 70% dari total air dunia. Bila produksi pangan akan ditingkatkan 60%, berarti diperlukan tambahan air dalam jumlah sangat besar di masa yang akan datang, padahal sumber daya air akan semakin terbatas.

3. Terhentinya Laju Pertumbuhan Produktivitas Serealia

Laju pertumbuhan tahunan produktivitas tanaman serealia utama, khususnya gandum dan beras, menurun tajam pada dekade lalu dan akan turun pada masa mendatang (2005–2050) ke 0,8% (gandum) dan 0,6% (beras) dibandingkan dengan laju pertumbuhan pada periode revolusi hijau dan periode sebelumnya (1961–2007). Kondisi itu sebagian disebabkan oleh menurunnya investasi pertanian secara tajam (khususnya pada penelitian dan pengembangan pertanian). Laju pertumbuhan investasi tahunan di negara-negara maju menurun dari 6% lebih pada tahun 1976–1981 menjadi kurang dari 2% pada 1991–2000 (FAO 2012).

Berdasarkan data FAO, penggunaan gandum dunia tahun 2018/2019 mencapai 747,1 juta ton, lebih besar daripada produksinya yang hanya 730,2 juta ton (defisit 16,9 juta ton). Defisit gandum dunia terjadi lagi setelah 2011/2012 hingga 2017/2018. Produksi gandum tahun 2019/2020 diperkirakan lebih tinggi (770,8 juta ton) daripada penggunaannya (758,4 juta ton). Defisit gandum akan menjadi ancaman bagi ketahanan pangan dunia. Bila produksi rata-rata gandum dunia 3,3 ton per hektare, maka untuk memenuhi

kebutuhan defisit sebesar 16,9 juta ton, diperlukan pertanaman gandum seluas 5,2 juta hektare.

Sementara itu produksi beras pada 2019/2020 diperkirakan mencapai 516,3 juta ton, lebih rendah daripada penggunaannya sebesar 518,3 juta ton (defisit 2,0 juta ton). Defisit produksi beras pernah terjadi pada tahun 2015/2016 sebesar 2,6 juta ton.

4. Ketidakpastian Sumber Energi

Harga internasional minyak fosil mentah berfluktuasi secara nyata. Perubahan harga energi yang signifikan mendorong penggunaan komoditas pangan untuk produksi energi terbarukan. Kondisi ini akan meningkatkan penggunaan biji-bijian bahan pangan untuk produksi bahan bakar nabati, serta kompetisi penggunaan lahan dan air untuk tanaman pangan atau untuk tanaman bahan energi. Di lain pihak, perubahan iklim akan meningkatkan kejadian cuaca ekstrem, seperti banjir dan kekeringan, yang akan mengurangi produksi pangan, dan mempengaruhi ketahanan pangan global.

C. Keanekaragaman Tanaman Sumber Pangan

Sekitar 7.000 spesies tanaman telah dibudidayakan untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia. Keragaman spesies yang sangat besar itu merupakan hasil interaksi antara manusia dan lingkungan dalam upaya menjamin ketersediaan bahan pangan. Dari jumlah tersebut, hanya 30 spesies tanaman yang mencukupi 95% kebutuhan pangan dan energi manusia, dan 4 jenis tanaman (padi, gandum, jagung, dan kentang) bertanggung jawab atas 60% kebutuhan energi manusia. Karena ketergantungan ketahanan pangan global hanya pada sedikit jenis tanaman, sangat penting untuk meningkatkan keragaman sumber pangan dan menghasilkan varietas yang berproduksi tinggi, meski ditanam dalam kondisi yang kurang cocok, misalnya lahan kering, lahan basah, lahan rawa, dan lahan berkadar garam tinggi, juga toleran terhadap kondisi cuaca ekstrem.

Banyak spesies tanaman yang belum dimanfaatkan mampu beradaptasi terhadap penggunaan input rendah. Pemanfaatan spesies-spesies ini, baik tanaman liar maupun yang dibudidayakan sangat bermanfaat bagi ketahanan pangan dan kaum kurang sejahtera. FAO. Pada tahun 2012 menekankan bahwa spesies tanaman yang belum termanfaatkan memegang peranan penting dalam mengatasi kelaparan dan merupakan kunci untuk pembangunan pertanian dan pedesaan. Oleh karena itu, perlu meningkatkan penelitian pada tanaman belum termanfaatkan. Spesies-spesies tanaman tersebut juga berperan dalam mempertahankan keberagaman budaya, mengisi relung penting, melestarikan suasana tradisional, dan menyesuaikan risiko dan kondisi yang rentan pada komunitas pedesaan.

Sagu merupakan salah satu tanaman pangan yang belum dimanfaatkan secara luas di wilayah Asia dan Pasifik. Perhatian dan penelitian pada sagu masih sangat terbatas, padahal tanaman penghasil kerbohidrat ini memiliki potensi tinggi dalam ketahanan pangan tanpa bersaing dengan tanaman pangan lain dalam memanfaatkan lahan. Juga dapat dimanfaatkan untuk bahan baku industri, termasuk bioplastik dan bioetanol. Meskipun cukup berperan sebagai sumber pangan tradisional dan penghasilan petani lokal, populasi pohon sagu berkurang drastis karena alih fungsi lahan menjadi peruntukan lain atau untuk perluasan areal tanaman perkebunan lain seperti kelapa sawit dan karet.

Terkait nilai tanaman sagu, Haska (2015) menyebutkan di Papua saja ada 8 juta ton potensi sagu yang terbuang percuma tiap tahun akibat tanaman mati secara alami karena tidak ditebang. Delapan juta ton potensi sagu yang terbuang itu bisa memenuhi kebutuhan karbohidrat untuk 80 juta orang setiap tahun. Potensi cadangan karbohidrat tersebut bisa naik berkali lipat bila sagu

dikelola dengan sistem perkebunan. Pohon sagu yang tumbuh alami bisa menghasilkan batang sagu (tual) siap olah 6–7 ton per tahun. Angka ini bisa naik menjadi 25 ton tual bila sagu dikelola dalam bentuk perkebunan.

D. Peran Tanaman Sagu Secara Sosial

Selain sebagai bahan pangan, sagu juga berperan dalam berbagai aktivitas sosial. Pohon sagu dapat dipanen ketika ada perayaan atau kegiatan penting dalam kehidupan sosial masyarakat setempat. Karena itu merupakan hal biasa untuk menyajikan olahan sagu kepada para tamu seperti pada pesta perkawinan. Di Arapesh, PNG, bubur sagu disajikan kepada tamu pada upacara pemakaman. Bubur sagu juga menjadi makanan utama pada akhir masa berduka pihak keluarga, sebagai rasa terima kasih kepada para kerabat (Toyoda 2015). Di Eivo, Pulau Bougainville PNG, pati sagu dikonsumsi ketika ada perayaan (Connell dan Hamnett 1978). Di beberapa daerah di Melanesia yang pangan pokoknya sagu, sagu dijadikan hadiah dari pihak keluarga pengantin pria kepada keluarga pengantin wanita (Toyoda 2015).

Gambar 2. Ibu, anak, dan empulur sagu. Perjuangan ibu luar biasa, mengolah sagu di hutan di pinggir Sungai Welderman, Distrik Kaibar, Kabupaten Mappi, Papua.

E. Peran Sagu Terhadap Ekonomi Lokal

Gambar 2 di atas menegaskan secara nyata bahwa di sentra produksi, sagu sangat berperan dalam kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Selanjutnya peran sagu terhadap ekonomi setempat di beberapa sentra produksi sagu, diuraikan sebagai berikut:

1. Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau

Bupati Kepulauan Meranti, Riau, Nasir (2015) menyatakan tidak ada orang kaya (status sosial) di Meranti selain tauke sagu. Ungkapan itu selalu dilontarkan dalam berbagai kesempatan untuk meyakinkan masyarakat bahwa berkebun sagu di Kepulauan Meranti merupakan investasi yang menguntungkan. Nasir juga mengungkapkan, perputaran uang dalam bisnis sagu Kepulauan Meranti per tahunnya mencapai Rp900 miliar dari perkebunan sagu sekitar 44,657 hektare (2015). Berkebun sagu sudah dilakoni oleh masyarakat Kepulauan Meranti sejak lebih dari satu abad yang lalu. Sebagian besar orang-orang kaya di daerah ini, baik pribumi maupun keturunan Tionghoa, merupakan pemilik kebun sagu.

Lebih lanjut Nasir (2015) mengatakan, dari lima hektare kebun sagu biasanya dapat dipanen 80 batang (16 batang per hektare) setiap bulannya, yang bila diolah akan menghasilkan lebih kurang 20 ton sagu basah. Dengan harga sagu basah Rp2.300/kg, pemilik kebun bisa memperoleh pendapatan sekitar Rp46 juta per bulan. Kontribusi tanaman sagu rakyat terhadap perekonomian Kepulauan Meranti cukup nyata, mengingat ada sekitar 23.000 hektare kebun sagu rakyat dari total 39.000 hektare yang telah memasuki usia panen. Perkiraan jumlah batang sagu yang dapat dipanen sekitar 2.070.000 batang (90 batang/hektare/tahun), yang diestimasi dapat menjadi 414.000 ton sagu kering (18 ton/hektare), dengan nilai sekitar Rp2,07 triliun per tahun (Rp5.000/kg). Nilai tersebut belum termasuk nilai limbah, kulit pohon, dan produk ikutan lainnya.

Menurut Nasir (2018), Bupati Kabupaten Kepulauan Meranti, sedikitnya ada 67 kilang sagu berskala menengah milik masyarakat. Kilang-kilang itu dikelola oleh koperasi yang juga memfasilitasi pemasaran sagu. Pada 2018, dari 53.000 hektare lahan sagu yang ada di Meranti, 14.000 hektare merupakan milik perusahaan perkebunan swasta, sisanya 39.000 hektare merupakan sagu rakyat yang ditanam, dikelola, dan diproduksi langsung oleh masyarakat. Meranti saat ini hanya mampu memproduksi 250.000 ton sagu per tahun, Ke depan, produksi ditarget meningkat menjadi 1 juta ton per tahun.

2. Kabupaten Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara

Ali (2019), Kepala Bidang pada Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sulawesi Tenggara mengatakan, produk sagu basah di Konawe, Kendari akhir-akhir ini cukup diminati pasar antarpulau, khususnya di Pulau Jawa, NTT hingga ke Papua. Permintaan sagu basah akhir-akhir ini cukup tinggi sehingga petani pengolah kewalahan memenuhi permintaan pasar. Akibatnya, pengiriman sagu basah ke daerah disesuaikan dengan stok yang ada.

Pantauan di sejumlah pasar tradisional dan pasar induk di Kendari menunjukkan, harga sagu basah dan sagu dalam bentuk tepung kering bervariasi. Harga sagu basah di tingkat petani produsen berkisar Rp3.500–Rp4.000/kg, di tingkat pedagang pengumpul Rp5.300/kg, dan di tingkat pedagang pengecer Rp8.000/kg. Sementara harga sagu dalam bentuk tepung kering di tingkat petani produsen Rp5.000/kg, di tingkat pedagang pengumpul Rp6.500/kg, dan di tingkat pedagang pengecer Rp8.000/kg. Menurut Ali, setiap bulan, pengusaha hasil bumi mengirim sagu basah dari pelabuhan Kendari ke Surabaya dengan volume 100–200 ton, atau 4-6 kontainer sekali kirim.

Mansyur (2017), seorang pedagang sagu antarpulau di Kendari menyebutkan bahwa belakangan ini ia kewalahan memenuhi permintaan pasar sagu untuk memenuhi kebutuhan konsumsi di Pulau Jawa, khususnya di Surabaya dan sekitarnya. "Cukup banyak permintaan konsumen di tahun 2017 ini. Berapa pun produk sagu yang dibeli di pasaran, penjualannya tetap laris di pasaran luar daerah". Mansyur mengatakan, setiap bulan pihaknya mengirimkan sagu basah dari Pelabuhan Kendari ke Surabaya sekitar 150–200 ton, atau 5–6 kontainer sekali kirim.

Harga pembelian sagu basah di tingkat pedagang pengumpul (di Kendari) berkisar Rp2.000–Rp2.500/kg, sedangkan harga jual di Surabaya bervariasi antara Rp5.000–Rp6.000/kg, bergantung pada jenis dan kualitasnya. Sementara itu, Jaya (2017) petugas informasi pasar produk perkebunan di Kendari mengatakan, harga sagu basah di tingkat petani produsen saat itu Rp 3.000/kg dan tepung sagu kering Rp5.000/kg. Sementara harga di tingkat pedagang pengecer masing-masing Rp5.000 dan Rp 8.000/kg.

3. Kabupaten Luwu Utara Sulawesi Selatan

Pohon sagu berperan penting dalam memberikan penghasilan dan pangan bagi masyarakat di Luwu Utara. Berdasarkan kondisi di Luwu Utara, alasan penting masyarakat setempat dalam mengusahakan tanaman sagu adalah: 1) pengetahuan mengenai budi daya sagu secara terintegrasi, 2) adanya akses untuk memperoleh informasi dan pelatihan, 3) motivasi internal, 4) pengalaman kerja, dan 5) luas areal sagu yang dikelola.

4. Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat

Suitela (2015), General Manager sebuah pabrik pengolahan sagu milik BUMN di Distrik Kais, Sorong Selatan, Papua Barat, mengatakan bahwa penduduk di sekitar pabrik pengolahan sagu dapat menebang

satu pohon sagu setiap hari. Satu batang sagu dapat dipotong menjadi 10–12 tual. Jika satu tual dihargai Rp10.000 (harga tual dan biaya hak ulayat) maka petani penebang bisa menerima Rp120.000 per hari. Padahal dalam satu keluarga ada tiga orang yang produktif. Petani juga bisa berternak babi dengan memanfaatkan pakan dari limbah sagu, serta usaha madu hutan di sekitar pabrik. Mereka juga bisa pagi bekerja setelah itu mencari sagu.

Menurut Iskandar (2016) pada awal Januari 2016, ketika harga tepung sagu di Pulau Jawa mencapai Rp6.800/kg, harga satu tual di Distrik Kais, Papua Barat, masih Rp10.000, sudah termasuk dana untuk hak ulayat Rp900 per tual (Iskandar 2016b). Dengan beroperasinya pabrik besar pengolahan sagu milik BUMN di Distrik Kais, masyarakat Kais tidak perlu jauh mengirim tual miliknya ke Pasar Sorong yang bisa memakan waktu satu minggu perjalanan menggunakan perahu dayung.

5. Kabupaten Jayapura Provinsi Papua

Di Kampung Yoboi, Distrik Sentani, Papua, Wally (2018), Kepala Adat di sana mengatakan, sumber ekonomi di Kampung Yoboi adalah dari hutan sagu. Keberadaan sagu sangat membantu rakyat dan menjadi primadona di daerah tersebut. Warga setempat menjual sagu ke pasar di Sentani bukan berbentuk tepung sagu (kering). Biasanya sagu dijual dalam karung ukuran 15 kg, tetapi berat sagunya bisa mencapai 40 kg, dengan rincian berat sagu basah 30 kg dan kandungan airnya 10 kg. Harganya Rp200.000 per karung. Sementara sagu basah dengan ukuran karung 20 kg, dijual dengan harga Rp300.000 dan ukuran karung 25 kg harganya Rp 500.000. Sagu basah awet hingga berbulan-bulan asal airnya selalu diganti.

6.Kabupaten Lingga Provinsi Kepulauan Riau

Layaknya barang ekonomi yang mempunyai fluktuasi penawaran dan permintaan, harga pati sagu pun mengalami gejolak alami tersebut. Respons yang umum ketika harga turun adalah semangat petani untuk mengusahakan sagu juga menurun, dan kemungkinan mereka akan menelantarkan kebunnya, atau berganti menanam tanaman lain. Namun, respons berbeda terjadi pada petani sagu di Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau. Ketika harga sagu basah turun menjadi hanya Rp1.200/kg, Amran (2018), seorang petani sagu di Desa Keton, Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau, mengatakan tanaman sagu sudah menjadi penopang hidup keluarganya di tengah kesulitan lapangan pekerjaan. Sejak kecil mereka sudah bekerja dan makan dari hasil sagu sehingga meski harganya anjlok, ia tidak bisa meninggalkannya begitu saja. Kualitas sagu di Kabupaten Lingga tidak diragukan lagi. Namun sayangnya saat ini usaha sagu bagaikan mati suri akibat harga sagu yang sangat murah.

7. Provinsi Kalimantan Selatan

Sagu menjadi komoditas penting di Provinsi Kalimantan Selatan karena di wilayah ini banyak terdapat lahan basah yang memungkinkan sagu tumbuh dengan baik. Areal sagu di Kalimantan Selatan mencapai 7.857 hektare dengan produksi 4.511 ton (tahun 2017), atau menduduki peringkat keempat di Indonesia setelah Riau, Maluku, dan Papua. Di Kalimantan Selatan, sagu banyak terdapat di Kabupaten Tapin, Barito Kuala, dan Banjar.

Produk yang dihasilkan pabrik pengolahan berupa sagu kemasan 50 kg yang kemudian dikirim ke gudang sagu untuk dikemas kembali menjadi ukuran lebih kecil dan diberi merek. Pedagang makanan berbasis tepung sagu sering membeli sagu basah dari pabrik untuk diolah menjadi makanan setengah jadi atau makanan jadi seperti bubur gunting, bubur ayak, bubur randang,

sagu mutiara, cendol, dan makanan basah lainnya. Industri kecil ini merupakan konsumen yang rutin membeli tepung sagu produksi pabrik pengolahan sagu.

Menurut Wahyuningtyas (2019), walaupun industri pengolahan tepung sagu di Desa Pemakuan, Kecamatan Sungai Tabuk, Kabupaten Banjar tergolong industri kecil, industri tersebut mampu menggerakkan roda perekonomian setempat, mulai dari petani sagu, pabrik pengolahan tepung sagu, sampai industri makanan kecil. Industri makanan berbasis tepung sagu masih bertahan hingga saat ini.

Menurut petani di Desa Pemakuan, satu batang sagu rata-rata dapat menghasilkan 150–250 kg tepung sagu basah. Tepung sagu basah dari pabrik pengolahan sagu rakyat dijual ke pabrik pengeringan sagu dengan harga Rp2.850/kg. Sagu basah berbentuk gumpalan padat dan keras sehingga perlu ditapis (disaring) agar menjadi butiran-butiran halus, kemudian dijemur. Dari 50 kg tepung basah, dihasilkan sekitar 35 kg tepung sagu kering ayak atau terjadi penyusutan kurang lebih 30%.

8. Kabupaten Mimika Provinsi Papua

Geliat ekonomi akibat dari tersedianya pohon sagu terjadi di Kabupaten Mimika. Huslan (2019), ketua kelompok UMKM Tani Makmur, menuturkan bahwa setiap bulan ia mengirim sagu ke Pati, Jawa Tengah, sekitar 27 ton senilai Rp80 juta. Harga tepung itu lebih murah daripada harga lokal karena kualitasnya lebih rendah daripada yang di pasar lokal dengan kualitas super. Jika dihitung-hitung, jumlah tepung sagu basah yang sudah dikirim selama ini mencapai 300 ton. Tepung sagu diproduksi di pabrik milik Huslan di seputaran Pasar Sentral, Mimika. Bahan sagu yang diolah di pabriknya dibeli dari warga lokal yang memiliki lahan sagu di SP5,

Iwaka, Miyoko, Mapurujaya, dan beberapa tempat lainnya. Bahan baku dibeli dengan harga Rp150.000 per dua batang.

Tepung sagu basah yang dijual di Timika dikemas 15–16 kg per karung dengan harga Rp100.000. Pembelinya biasanya mama-mama Papua lalu mereka menjualnya lagi ke pasar. Kalau laku mereka untung Rp150 ribu.

F. Peran Sagu Terhadap Lingkungan

Tanaman sagu memiliki sekitar 1.000 stomata per mm2 daun sehingga sangat efisien dalam melakukan fotosintesis. Tanaman sagu mengikat CO_2 sepanjang tahun, yang kemudian dikonversi menjadi karbohidrat yang tersimpan dalam batang (Jong 2007). Pohon sagu menyerap gas CO2 dari atmosfir sebanyak 289 mt/ha2/thn (BPPT 2008, dalam Bintoro et al. 2010). Oleh karena itu, pohon sagu merupakan palma yang ramah lingkungan untuk menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Meski pohon sagu dapat beradaptasi di lingkungan yang berat, seperti lahan berkadar garam tinggi (salin) dan lahan masam, laju pertumbuhan dan produktivitasnya akan menurun. Dalam lingkungan yang demikian, bila ada tanaman yang mampu tumbuh, perlahan tanaman tersebut akan mengubah kondisi sekitar menjadi lebih cocok untuk tumbuh kembangnya mikroorganisme lain dan dalam jangka panjang dapat ditumbuhi tanaman lain. Bila di lahan salin dan masam tidak ada tanaman yang tumbuh, lama kelamaan lingkungan akan rusak dan bukan tidak mungkin kerusakan akan meluas.

Di kawasan gambut, kerap terjadi penurunan permukaan tanah bila gambut mengalami kekeringan. Namun pohon sagu dapat hidup meski proses penurunannya terjadi secara cepat, kira-kira 20-50 cm per tahun selama awal pembuatan jaringan kanal-

kanal (Welch dan Nor 1989). Agus dan Subiksa (2008) menjelaskan bahwa penurunan permukaan tanah gambut terjadi melalui empat proses sebagai berikut.

1) Konsolidasi, gambut memadat akibat mengering. Berkurangnya permukaan air pada lahan gambut akan meningkatkan tekanan dari material gambut yang lebih kering dan padat terhadap material gambut basah yang ada di bagian bawah. Makin lama, tanah gambut bagian atas yang kering menjadi lebih padat.
2) Lyses. Berkurangnya volume gambut yang berada di atas permukaan air tanah akibat proses pengeringan.
3) Pembusukan. Berkurangnya volume gambut akibat proses pembusukan pada kondisi aerobik.
4) Kebakaran, berkurangnya lapisan gambut akibat terbakar.

Perkebunan sagu dapat menjadi jalan keluar untuk mengatasi penurunan kualitas lahan gambut karena pohon sagu tumbuh optimal di lahan rawa, lahan tergenang, dan lahan gambut (Bintoro et al. 2013). Dalam periode pertumbuhannya, pohon sagu memerlukan kondisi terendam air untuk memproduksi anakan. Dengan adanya pemeliharaan permukaan air tanah selama masa pertumbuhan sagu maka penurunan permukaan lahan gambut dapat dihindari.

Pelestarian lahan gambut penting dilakukan mengingat luasnya makin berkurang di beberapa tempat di Indonesia. Pada tahun 1952, Delta Pulau Petak memiliki lahan gambut 51.360 hektare. Namun pada tahun 1972 luasnya tinggal 26.400 hektare dan terus berkurang menjadi 9.600 hektare pada tahun 1992 (Sarwani and Widjaja-Adhi 1994). Menanam pohon sagu merupakan solusi untuk mengatasi penurunan kualitas lahan gambut, karena pohon sagu tidak memerlukan pengeringan air dan toleran terhadap rendaman. Menanam sagu akan melindungi air tanah karena pohon sagu memerlukan kelembapan tanah yang tinggi. Ini berbeda bila

areal gambut ditanami tanaman lain karena air harus dialirkan ke sungai atau ke laut. Pohon sagu tidak hanya akan melindungi air tanah, tetapi juga tanah sehingga lingkungan ikut terjaga.

Perubahan iklim dapat dikurangi salah satunya dengan penanaman pohon sagu. Kemampuan pohon sagu menyerap CO_2 merupakan hal penting dalam memelihara lingkungan. Keputusan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kewajiban energi nasional untuk menurunkan emisi menjadi 17% pada tahun 2025, merupakan langkah dalam menghadapi perubahan iklim, termasuk perlindungan hutan, laut, dan area pertanian, yang dapat menurunkan emisi CO_2 dan mengurangi efek rumah kaca.

Menurut Bintoro et al. (2010), emisi gas CO_2 dan metana (CH_4) dari daerah gambut berkisar 25–200 mg/m2/jam, dan laju fotosintesis sagu dapat menyerap 22 mg CO_2/dm^2/jam. Berdasarkan perhitungan, pohon sagu dapat menyerap 240 ton CO_2/ha/tahun. Pohon sagu juga mendukung kemampuan lahan gambut dalam menyimpan karbon dan meminimalkan efek rumah kaca. Pohon sagu seluas 5,26 juta hektare di Provinsi Papua dan Papua Barat dapat menyerap CO_2 sekitar 1,26 miliar ton. Lebih dari itu, pohon sagu memiliki kemampuan menyerap CO_2 paling tinggi dibanding tanaman pangan utama (Tabel 3).

Tabel 3. Daya Serap CO_2 dari Beberapa Tanaman Utama

Tanaman	Panen Rata-rata per tahun (kali)	Rata-rata hari efektif per musim (hari)	Aktivitas per hari (Jam)	Photosin-tesa CO_2/m^2/jam (mg)	Luas Daun (Juta ha)	Penyerapan CO_2 ton/ha/thn
Sagu	1	365	12	22	3	289
Jagung	2.5	45	13	80	2	216
Padi	2.5	45	14	30	2	81
Singkong	1	180	15	39	2	168
Tebu	1	180	16	52	2	225
Ubi	2	80	17	23	3	88

Sumber: (BPPT 2008) cited in (Bintoro et al. 2010)

Rawa dan gambut terkait dengan pemanasan global karena rawa dapat menyimpan karbon dalam jumlah besar, yang dapat menurunkan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Tanah gambut yang terbuka, permukaan tanahnya akan terpapar sinar matahar dan melepaskan CO_2 dan CH_4 ke atmosfer. Meningkatnya jumlah CO_2 dan CH_4 di atmosfer dapat memicu efek rumah kaca, meningkatkan temperatur, dan menaikkan tinggi permukaan air laut.

Lahan basah dan rawa, termasuk hutan sagu, terus "menghilang", di antaranya diganti dengan tanaman perkebunan lain. Kondisi ini berdampak negatif terhadap lingkungan, kelestarian ekosistem, dan juga nilai-nilai sosial, budaya, dan kehidupan masyarakat setempat. Di Thailand Selatan, misalnya, hutan sagu merupakan sumber daya bagi masyarakat desa setempat (Konuma 2008). Penduduk desa telah menyelaraskan gaya hidup mereka dan semangat kebersamaan dengan hutan sagu yang juga menyatu dalam sistem pertanian, ekonomi, dan budaya. Pohon sagu memainkan peranan penting sebagai simbol untuk melindungi lanskap dan ekosistem, keanekaragaman hayati, serta warisan sosial budaya mereka.

Sumber: Pustaka

Pertanaman Sagu di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara

Sumber: Pustaka

Lokasi Unit Percontohan Pengolahan Sagu di Kabupaten Konawe

BAB IV
PRODUKTIVITAS SAGU

Produktivitas adalah kemampuan perkebunan atau hamparan tanaman sagu menghasilkan pati per hektare per tahun, sementara produksi diartikan sebagai kemampuan berproduksi pohon sagu. Produktivitas kebun atau hamparan merupakan perkalian antara jumlah pohon sagu masak panen yang dapat ditebang dalam luasan 1 hektare dalam 1 tahun dengan rata-rata produksi pati sagu yang dihasilkan per pohon. Angka produktivitas per pohon yang digunakan sebagai perkiraan adalah 15 ton pati sagu kering/ hektare/tahun. Angka itu didapat berdasarkan produktivitas kebun sagu di perkebunan semi-intensif yang dikelola petani.

Produktivitas perkebunan sagu nasional masih sangat rendah, baru mencapai 317,4 kg/hektare/tahun. Angka itu dihitung dari produksi pati sagu nasional dalam 1 tahun dibagi dengan luas pertanaman sagu di Indonesia yang diperkirakan mencapai 1.843.287 hektare. Nilai ini hanya 2,1% dari proyeksi kapasitas produksi pati sagu sebesar 27,4 juta ton per tahun. Jumlah ini juga sangat rendah bila dibandingkan dengan produktvitas perkebunan sagu intensif di Batu Pahat, Malaysia (Flach 1979)

Di Maluku, produksi potensial sagu basah rata-rata 292 kg/pohon dan jumlah pohon yang ditebang rata-rata 102 pohon/hektare/tahun. Sementara produktivitas pati sagu basah sekitar 30 ton/hektare/tahun. Produktivitas pohon sagu budi daya mencapai 25 ton/hektare/tahun (Flach 1997; Suryana 2007). Produktivitas pohon sagu di Maluku bervariasi antara 100–500 kg/pohon, bergantung pada spesies (Alfons and Bustaman 2005). Sagu Tuni mempunyai potensi produksi pati tertinggi (500 kg/pohon), diikuti oleh sagu Molat, Ihur, dan Makanaru, masing-masing 400, 300, dan 250 kg/pohon. Sagu Rattan dan Molat menghasilkan pati terendah, yaitu masing-masing 100 dan 200 kg/pohon.

Perkebunan sagu yang sehat dan dikelola semi-intensif di Riau menghasilkan pati kering rata-rata 10 ton/ha/tahun. Dengan perbaikan teknik budi daya dan pengendalian kehilangan hasil pada tahap panen dan pengolahan, hasilnya dapat meningkat menjadi 15 ton/ha/tahun.

Produksi aktual pati sagu di Papua hanya 186.000 ton/ha/tahun, sementara kapasitas produksinya sekitar 24,4 juta ton/ha/tahun. Tingkat produksi sagu di Papua itu berbeda nyata bila dibandingkan dengan produksi pati sagu di Batu Pahat, Malaysia yang mencapai 25 ton/hektare/tahun (Flach 1979).

Produktivitas pabrik pengolahan sagu masih rendah, hanya berkisar 10–15 ton/hektare/tahun. Kebanyakan petani masih mengelola sagu secara tradisional, turun-temurun, dengan memberikan sedikit perhatian atau bahkan dianggap sebagai pekerjaan sampingan. Melalui budi daya yang intensif, dengan menerapkan manajemen yang baik atau sesuai dengan rekomendasi, produktivitas sagu dapat ditingkatkan menjadi 25 ton/hektare/tahun. Produksi sagu beberapa tahun lalu hanya 210 ton atau 4–5% dari potensi produksi nasional yang mencapai 5 juta ton per tahun.

Faktor-faktor yang menjadi penghambat rendahnya produksi pati sagu meliputi faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal berasal dari petani sagu sendiri, yakni kapasitas yang rendah (pengetahuan, sikap, motivasi, dan kecakapan) dalam budi daya sagu. Sementara faktor eksternal meliputi kurangnya penyuluhan dan informasi, masih kuatnya nilai sosial-budaya yang kurang mempunyai pandangan ke depan, kurangnya promosi dan dukungan dalam pengembangan pohon sagu dan produknya, dan kurangnya fasilitasi dari dinas pemerintah terkait, seperti bantuan pinjaman lunak, informasi pasar, dan dukungan sarana transportasi.

Produktivitas pati sagu selain ditentukan oleh pemilihan pohon masak tebang, juga bergantung pada jenis (tipe) sagu. Hasil survei potensi sagu di Seram Timur Provinsi Maluku (Anonim 1988) menunjukkan bahwa dengan populasi rata-rata 0,51–19,89 rumpun/hektare, potensi pohon masak tebang per hektare untuk setiap jenis sagu adalah 7,62 pohon (tuni), 3,75 pohon (makanaru), 2,81 pohon (ihur), 4,86 pohon (suanggi), 2,14 pohon (duri totan), dan 0,48 pohon (molat). Hasil penelitian Botanri (2011) tentang struktur populasi sagu di Pulau Seram menunjukkan terjadi penurunan drastis dan populasi sagu sebelum masak tebang (18,89 pohon/ha) ke populasi masak tebang (4,57 pohon/ha). Selain itu, struktur populasi sagu didominasi oleh semaian dengan tingkat kegagalan untuk tumbuh ke fase berikutnya mencapai 85%.

A. Faktor Penyebab Produktivitas Rendah

Produktivitas pati sagu dipengaruhi oleh jenis dan tipe sagu, budi daya, penanganan pascapanen dan pengolahan hasil, serta lingkungan tempat tumbuh tegakan sagu (Lina dan Hartoyo 1982 dalam Wiyono dan Silitonga 1988). Balai Penelitian Tanaman Palma telah mengidentifikasi + 20 tipe sagu di Desa Kahiran, Sentani,

Papua yang diberi nama berdasarkan nama setempat. Dari 20 tipe tersebut, enam tipe potensial untuk dikembangkan sebagai sumber karbohidrat pada masa mendatang karena produktivitas patinya tinggi, yaitu Osonghulu (tidak berduri) dengan produksi pati 207,5 kg/pohon, Ebesung (berduri) 207 kg/pohon; Yebha (tidak berduri) 191,55 kg/pohon, Polo (tidak berduri) 176 kg/pohon; Wanni (tidak beduri) 160,5 kg/pohon, dan Yaghalobe (berduri) 155,5 kg/pohon. Satu tipe sagu memiliki karakter spesifik empulurnya dapat langsung dimakan tanpa harus diolah patinya, yaitu Rondo (berduri) dengan produksi pati 127 kg/pohon.

Hasil penelitian Louhenapessy (1993) menunjukkan bahwa keadaan hidrologi atau kondisi genangan mempengaruhi produktivitas tanaman sagu.

a. Lama genangan kurang dari 3 bulan sampai 6 bulan, tinggi genangan pada musim hujan 10–40 cm dan tidak ada genangan dengan jeluk air tanah lebih dari 100 cm: rata-rata produktivitas 343 kg/pohon.
b. Lama genangan 6–9 bulan, tinggi genangan pada musim hujan 10–80 cm dan tidak ada genangan pada musim kemarau dengan jeluk air tanah 0–40 cm: rata-rata produktivitas 259 kg/pohon.
c. Lama genangan 9–12 bulan, tinggi genangan pada musim hujan <80 cm, pada musim kering 0–40 cm: rata-rata produktivitas 125–200 kg/pohon.
d. Genangan tetap, tinggi genangan pada musim hujan >80 cm: rata-rata produktivitas <125 kg/pohon.

Faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas umumnya bermuara pada manajemen kebun sagu yang minimal karena:

a. Kurangnya pengetahuan, sikap, dan kecakapan petani dalam mengelola sagu. Budi daya sagu dilakukan petani selama

beberapa generasi dengan teknik budi daya secara turun-temurun. Pengolahan sagu masih menggunakan cara tradisional dan penggunaan sagu sebagai makanan juga berdasarkan tradisi, dengan hanya sedikit tambahan inovasi dalam waktu yang lama. Makanan dari sagu juga dianggap kurang bergengsi.

b. Kurangnya tenaga penyuluhan yang memiliki kompetensi budidaya sagu.

Untuk meningkatkan produktivitas sagu, selain dengan menerapkan teknik budi daya yang baik dan benar, perlu pula memberdayakan petani dengan mengoptimalkan atau membangun kekuatan internal dan eksternal, agar mereka dapat memberdayakan diri sendiri dan menggunakan kekuatan penuh dalam berusaha tani untuk membangun kehidupan yang lebih baik. Upaya pemberdayaan dilaksanakan melalui pendidikan dan pelatihan, penyuluhan dan bimbingan, mengembangkan sistem dan alat pemasaran produk pertanian, menjamin konsolidasi area pertanaman, mempermudah arus pengetahuan, teknologi dan informasi, dan menguatkan lembaga petani.

Pemerintah pusat dan daerah memegang peran penting dalam pemberdayaan petani sagu bersama dengan perusahaan swasta, lembaga swadaya masyarakat (NGO), petani, dan *stakeholder* lain. Pemerintah pusat dan daerah diharapkan mempunyai terobosan dalam pengembangan agribisnis sagu. Kebutuhan akan pangan dan energi merupakan dasar untuk pemberdayaan petani.

B. Produktivitas Pati Sagu Dibanding Bahan Pangan Lain

Kandungan kalori pati sagu setiap 100 gram tidak kalah dengan kandungan bahan pangan lainnya. Perbandingan kandungan kalori berbagai sumber pati (dalam 100 g) adalah jagung 361 kalori, beras

giling 360 kalori, ubi kayu 195 kalori, ubi jalar 143 kalori, dan sagu 353 kalori.

Perbandingan kalori beras dan sagu sangat mengesankan, yaitu 360 kalori berbanding sekitar 348–353 kalori atau setiap 1 kg beras setara dengan 1,02–1,04 kg tepung sagu. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan bagi Bangsa Indonesia, kebutuhan kalori tertingi orang Indonesia adalah 2.725 kkal per hari untuk seorang laki-laki usia 19–29 tahun, dengan kebutuhan karbohidrat sebanyak 375 g/hari atau setara 375 g x 4 kal/g = 1.500 kal/hari. Bila seluruh kebutuhan kabohirat sebanyak 1.500 kalori per hari itu dipenuhi dari beras maka dibutuhkan 1.500 kalori x 100 g/360 kalori = 417 g beras/hari atau sekitar 152 kg/tahun. Bila kebutuhan kalori rata-rata per orang per tahun dapat dipenuhi dari 130 kg beras saja maka kebutuhan konsumsi tepung sagu sebagai pengganti beras adalah 132,6–135,2 kg/kapita/tahun. Berbasis pada kandungan kalori dan produktivitas maka diperoleh perbandingan luas panen yang diperlukan untuk setiap orang dalam memenuhi kebutuhan kalori.

Kebutuhan luas sawah sangat besar jika beras dijadikan satu-satunya sumber bahan pangan pokok, yakni satu hektare panen padi hanya mampu memenuhi kebutuhan sekitar 23 orang. Badan Pusat Statistik (2018) mengeluarkan data bahwa proyeksi luas areal sawah pertanaman padi tahun 2018 mencapai 10,9 juta hektare, dengan hasil sekitar 32,42 juta ton beras atau rata-rata 2,97 ton/ha, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sekitar 23 orang selama setahun. Dengan nilai kesetaraan ini maka untuk 270 juta penduduk diperlukan sawah seluas 11,74 juta hektare atau luas panen sekitar 5,87 juta hektare per tahun bila indeks pertanaman dua kali setahun. Sebaliknya, sagu menghasilkan 20

ton pati kering/ha/tahun. Bila 100 g pati sagu kering mengandung 353 kalori maka hasil panen dari 1 ha/tahun dapat memenuhi kebutuhan kalori untuk 270 juta penduduk, atau hanya diperlukan 2,1 juta ha perkebunan sagu, atau hanya 0,36 kali dari luas sawah. Semua kerepotan waktu menanam padi tidak ditemuai lagi bila pati sagu digunakan mengganti beras.

Dalam catatan Starch Europe, pada tahun 2016, industri pati dunia mencapai produksi 73,5–75,5 juta ton per tahun. Penghasil terbesar pati adalah China dengan produksi 29–30 juta ton, diikuti Amerika Serikat 21–22 juta ton, Eropa sekitar 10 juta ton, Asia dengan produksi 10 juta ton dan Amerika Selatan (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, dan Venezuela) sekitar 3,5 juta ton. Tanaman yang digunakan sebagai sumber pati adalah jagung, kentang, dan gandum, yang produktivitasnya jauh lebih rendah daripada pohon sagu. Produktivitas tanaman jagung mencapai 11 ton biji jagung kering per hektare, yang bila dijadikan pati menjadi sekitar 6,59 ton. Sementara gandum hanya 3,2 ton biji kering per hektare atau setara 1,67 ton pati kering, dan kentang 49,8 ton umbi per hektare atau setara 9,96 ton pati kering.

Sumber: Pustaka

Penmbersihan batang pohon sagu

Sumber: Pustaka

Penghancuran batang pohon sagu

BAB V
BUDI DAYA SAGU

Di Indonesia, sagu umumnya masih dikelola dalam kondisi semiliar oleh para petani. Kerapatan pohonnya beragam, rata-rata 30 pohon/ha (Jong 2000). Demikian pula hasil patinya juga beragam. Untuk perkebunan sagu yang dikelola dengan baik, hasil patinya dapat mencapai 10 ton/ha/tahun (Yamamoto et al. 2008).

Di Selat Panjang, Riau, terdapat perkebunan sagu seluas 12.000 ha yang dikelola secara baik. Perkebunan sagu itu dibangun mulai tahun 1996 di daerah lahan gambut dalam, dengan cara mirip dengan perkebunan kelapa sawit (Jong 2000). Pohon sagu ditanam dengan sistem blok, masing-masing blok seluas 50 ha dan dikelilingi oleh kanal untuk mengangkut kebutuhan kebun maupun batang sagu hasil panen, selain untuk mencegah kebakaran kebun. Guna memfasilitasi manajemen kebun dan untuk mengurangi waktu tempuh di kebun, dibangun kantor induk kebun (*basecamp*) di setiap luasan 1.000 ha serta tempat tinggal pekerja berkapasitas 10 orang untuk setiap 200 ha kebun. Material hasil pengerukan kanal dipadatkan sebagai jalan bagi kendaraan ringan atau sepeda motor guna mempermudah pengawasan kebun. Sebagian sagu

yang ditanam memasuki usia masak panen pada 9–10 tahun, tapi kebanyakan pohon mencapai masak panen pada umur 11 tahun.

Untuk meningkatkan produktivitas sagu rakyat, Menteri Pertanian RI pada tahun 2013 mengeluarkan peraturan Nomor 134/Permentan/Ot.140/12/2013 tentang Pedoman Budidaya Sagu (*Metroxylon* spp.) yang Baik. Dalam lampiran peraturan itu diuraikan pedoman dan cara-cara membudidayakan sagu yang baik sebagai acuan bagi petani maupun mereka yang akan mengembangkan sagu.

Dengan menerapkan pedoman budi daya yang baik tersebut, diharapkan petani sagu akan meningkat pendapatan dan kesejahteraannya selain dapat mengembangkan ekonomi wilayah. Untuk itu, diperlukan komitmen dan dukungan seluruh pihak terkait, baik masyarakat, lembaga penelitian, asosiasi, pemerintah daerah, pengusaha/investor maupun lembaga pembiayaan, yang kemudian ditindaklanjuti oleh daerah dengan menyusun petunjuk teknis yang lebih operasional. Teknologi baru yang dihasilkan oleh lembaga penelitian akan terus dimonitor dan menjadi bagian untuk memperkaya informasi teknologi budi daya tanaman sagu.

Pengembangan sagu merupakan kegiatan budi daya secara intensif di suatu kawasan yang sesuai dengan habitat atau tempat tumbuh asli tanaman sagu. Pengembangan kebun sagu diarahkan ke tingkat petani dengan tujuan untuk menjaga kelestarian sumber daya genetik sagu dan meningkatkan kesejahteraan petani di sentra-sentra produksi sagu.

Pengembangan sagu juga dapat dilakukan dengan menata hutan sagu menjadi kebun sagu. Penataan dilakukan dengan mengatur jarak tanam. Rumpun-rumpun sagu yang tidak termasuk yang dipelihara dihilangkan dengan cara dipangkas kemudian disemprot

herbisida, sehingga jarak tanam menjadi teratur. Penyisipan tanaman dilakukan di titik-titik yang tidak ada rumpun sagunya.

Pada prinsipnya, pengembangan kebun sagu tidak berbeda dengan tanaman perkebunan lainnya. Seleksi lokasi menjadi hal penting yang harus dipertimbangkan, termasuk kesesuaian lahan dan iklim. Selain itu, persiapan sumber dan pengadaan benih serta pengaturan sistem tanam merupakan satu paket terintegrasi dalam pengembangan sagu.

A. Syarat Tumbuh

Menurut Manan et al. (1984) tidak ada syarat tanah khusus bagi tanaman sagu. Sagu dapat tumbuh di daerah dataran tinggi dengan tanah vulkanik, latosol, andosol, podsolik merah-kuning, dan grumusol atau di dataran rendah dengan tanah alluvial, hidromorfik kelabu, dan tanah lempung yang kaya bahan organik di rawa-rawa yang berbatasan dengan hutan mangrove atau nipah (tanah berlumpur payau). Berdasarkan pengamatan di lapangan, Dransfield (1997) berpendapat bahwa sagu tumbuh baik di lahan rawa.

Secara alamiah, sagu merupakan vegetasi utama lahan rawa tetap atau musiman (Flach dan Schuiling 1988). Rawa sagu sering berbatasan dengan rawa nipah. Batas antara kedua kawasan vegetasi tersebut berada pada satu garis dengan kadar garam 10 Ms/cm. Johnson (1977) menyatakan hal yang sama, yakni tegakan sagu murni secara alamiah terdapat di lahan rawa air tawar/payau.

Tanaman sagu dapat tumbuh pada berbagai kondisi hidrologi, dari yang terendam sepanjang masa sampai ke lahan yang tidak terendam air (Bintoro 2008). Tanaman sagu memerlukan sinar matahari dalam jumlah banyak. Apabila tanaman ternaungi, kadar pati dalam batang akan rendah.

Pertumbuhan dan produksi sagu dipengaruhi oleh faktor genetis dan agroklimat. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai jenis sagu dan kondisi agroklimat suatu daerah sangat penting dalam pengembangan tanaman sagu.

1. Iklim

Unsur iklim yang penting bagi pertumbuhan sagu adalah curah hujan, suhu yang berkaitan dengan ketinggian tempat, dan kelembapan udara. Tanaman sagu memerlukan ketersediaan air yang cukup selama pertumbuhannya. Menurut klasifikasi Schmidt and Ferguson, sagu hidup secara optimal pada iklim tipe A dan B dengan curah hujan 2.500–3.500 mm/tahun dan jumlah hari hujan 142–209 hari per tahun (Turukay 1986). Sementara menurut klasifikasi Oldeman (1980), sagu di Maluku, Papua, dan Papua Barat tumbuh dalam zona iklim A, B1, B2, C1, C2, D1, D2, dan E1. Notohadiprawiro dan Louhenapessy (1992) menyatakan sagu tumbuh baik di lokasi yang mengalami bulan kering kurang dari 2 bulan dan lebih dari 9 bulan basah.

Tempat hidup sagu adalah daerah sepanjang sungai, danau, dan rawa-rawa. Selain itu, sagu dapat beradaptasi di lokasi hingga ketinggian 1.200 m di atas permukaan laut (dpl) (Schuiling 2009). Namun demikian, habitat paling cocok bagi sagu berada di ketinggian kurang dari 400 m dpl. Bila sagu ditanam di lokasi dengan ketinggian di atas 400 m dpl, pertumbuhannya lambat dan produktivitasnya rendah (Djoefrie 1999). Schuiling and Flach (1985) mengatakan pohon sagu yang ditanam di lokasi pada ketinggian di atas 600 m dpl batangnya pendek, kurang dari 6 m, dan diameter batangnya kecil.

Suhu udara berperan dalam pertumbuhan pohon sagu. Suhu terendah bagi pohon sagu untuk tumbuh adalah 15°C (Bintoro et al.

2010). Bila suhu lebih rendah dari 13°C saat fase bibit, tanaman tidak dapat bertahan hidup dan persentase kematian meningkat. Jumlah daun juga lebih sedikit pada suhu rendah. Pada suhu 25°, 20°, dan 17°C, pertumbuhan satu daun memerlukan waktu masing-masing 20, 25, dan 70 hari (Flach et al. 1986; Schuiling 2009). Daun-daun baru berhenti tumbuh bila suhu di bawah 17°C (Schuiling 2009).

Kelembapan relatif optimum yang cocok bagi sagu adalah 90% dan intensitas cahaya matahari 900 j/cm^2/hari (Notohadiprawiro dan Louhenapessy 1992; Schuiling 2009; Bintoro et al. 2010). Bila sagu ditanam pada suhu di bawah 20°C dan kelembapan relatif kurang dari 70%, produksi patinya akan turun sekitar 25% (Notohadiprawiro dan Louhenapessy 1992; Bintoro et al. 2010). Sagu yang ditanam dengan intensitas cahaya rendah (kurang dari 900 j/cm^2) atau di bawah naungan memproduksi pati lebih sedikit daripada yang diusahakan di tempat terbuka (Flach et al. 1986; Bintoro 2008). Dalam kondisi intensitas cahaya di bawah optimal, pohon sagu memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai masak panen. Hal ini karena pertumbuhan daun-daun baru lambat sehingga memperlambat produksi pati (Flach et al. 1986).

Kelembapan udara dalam tegakan sagu lebih besar daripada di luar tegakan karena tanaman umumnya berada di daerah berair. Penelitian Flach (1993) mendapatkan kelembapan relatif sekitar 90%.

Tanaman sagu tumbuh kurang baik dalam kondisi tergenang permanen. Menurut hasil penelitian dan informasi dari berbagai sumber, genangan tidak permanen setinggi <50 cm sangat baik bagi pertumbuhan sagu.

Sagu merupakan tanaman tropis yang memerlukan suhu udara tropis di dataran agak basah. Berdasarkan agihan tanaman sagu, suhu optimal untuk pertumbuhannya berkisar 24–29°C (Flach

1980), rata-rata 20°C dan minimum 15°C (Flach 1984) dengan kelembapan relatif 90% (Flach 1993). Bila suhu di bawah 20°C, pembentukan daun berlangsung lambat. Pada suhu 17°C waktu untuk pertumbuhan daun dapat berbeda 50 hari dibandingkan pada suhu 25°C (Flach et al. 1986).

2. Lahan

Topografi umum kawasan pertanaman sagu jenis *Metroxylon* spp. yaitu datar, landai hingga bergelombang. Lahan rawa dan gambut atau sepanjang pinggiran sungai merupakan tempat tumbuh ideal bagi sagu jenis ini. Pada Kawasan yang mendapat genangan periodik atau pengaruh pasang surut atau dengan penataan drainase yang baik tanaman sagu dapat tumbuh dengan baik. Pergantian air segar yang masuk ke kawasan pertanaman sagu akan membawa unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti kalium, fosfat, kalsium, dan magnesium.

Jenis tanah yang cocok bagi sagu memiliki spektrum yang luas, mulai dari tanah dengan komposisi liat >70%, bahan organik 30%, dan pH tanah 5,5–6,5, tetapi sagu masih bisa beradaptasi dengan kemasaman lebih tinggi. Jenis-jenis tanah seperti liat kuning cokelat atau hitam dengan kadar organik tinggi, tanah vulkanik, latosol, andosol, podsolik merah kuning, aluvial, dan hidromorfik kelabu juga sesuai bagi tanaman sagu.

Sagu dapat tumbuh di tanah tidak berkembang, seperti *sulfaquents, hidraquents, tropaquents, fluvaquents,* dan *psammaquents*,maupun tanah yang berkembang seperti *tropaqueps, troposaprists, tropohemists*, dan *sulfihemists* (tanah sulfurik dengan pH rendah), dan thaptohistic fluvaquents (Notohadiprawiro dan Louhenapessy 1992). Tanah tidak berkembang yang termasuk dalam ordo tanah entisol yaitu tanah yang tidak menunjukkan

perkembangan profil, yang dapat dilihat hanya horizon A. Tanah jenis ini kebanyakan bahan dasarnya belum berubah dari batuan induknya, karena itu disebut juga tanah baru. Entisol merupakan jenis tanah yang paling banyak tidak dimanfaatkan setelah inceptisols. Luas tanah entisol mencapai 16% dari luas total tanah yang tidak tertutup es. Sementara tanah subordo Aquent adalah tanah yang basah permanen, biasanya terbentuk di bantaran sungai dan tanah daratan berlumpur pasang surut. Sementara itu, tanah berkembang termasuk dalam jenis tanah inceptisol dan histosol

Sagu dapat tumbuh di tanah gambut dengan kadar bahan organik tinggi (karbon organik >18%). Kedalaman bahan organik tanah dapat mencapai lebih dari 50 cm (Agus dan Subiksa 2008). Di Malaysia, sagu yang tumbuh di lahan gambut kurang produktif, daunnya lebih sedikit, hanya 17–19 daun, sementara sagu yang tumbuh di lahan mineral dapat memiliki 20–24 daun. Produktivitas patinya pun lebih rendah dibanding bila ditanam di lahan mineral (Flach dan Schuiling 1991; Bintoro 2008). Sagu yang ditanam di tanah gambut baru dapat dipanen 12,7 tahun setelah tanam, sementara di tanah mineral dapat dipanen setelah 9,8 tahun (Kueh et al. 1991). Kandungan pati kering pohon sagu yang ditanam di lahan gambut sekitar 88–179 kg/pohon, sementara yang ditanam di lahan tanah mineral, kandungan patinya 123–189 kg/pohon (Sim dan Ahmed 1991).

Sagu dapat pula ditanam di tanah vulkanik, podzolik, grumusol, alluvial, dan hidromorfik (Djoefrie 1999). Menurut Haryanto dan Pangloli (1992), pertumbuhan tanaman sagu terhambat bila ditanam di tanah yang kandungan mikroorganisme dan nutrisinya tidak mencukupi. Kandungan unsur P, K, dan Mg dalam air dapat menunjang pertumbuhan, tetapi genangan air yang berkepanjangan menghambat pembentukan pati.

Sagu tumbuh subur di lahan rawa asalkan akar napasnya (*pneumatophores*) tidak terendam, kandungan mineral dan bahan organiknya tinggi, dan air yang tergenang berwarna cokelat dan agak asam. Habitat yang demikian cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme yang menguntungkan tanaman sagu (Bintoro et al. 2010). Sagu juga dapat tumbuh di daerah rawa dekat laut karena tanaman toleran terhadap kadar garam lebih tinggi dengan menyimpan kelebihan Na^+ dalam akar. Namun Yoneta et al. (2006) menyatakan, kadar garam tinggi (>200 nM NaCl) menghambat fotosintesis. Kemampuan sagu tumbuh di daerah rawa merupakan hal yang sangat penting bagi perkembangan ekonominya.

Kedalaman muka air tanah yang sesuai bagi sagu berkisar 30–50 cm di bawah permukaan tanah. Fakta paling penting tentang sagu adalah kemampuannya tumbuh di daerah di mana tanaman lain tidak bisa ditanam. Sagu dapat tumbuh dalam kondisi tergenang dengan kedalaman lebih dari 1 m (Djoefrie 1999).

Louhenapessy (1996) menyatakan terdapat delapan kelas kesesuaian lahan bagi tanaman sagu berdasarkan kondisi rendaman, kadar keasaman, dan kadar sulfat tanah.

1. Sangat sesuai, lahan dengan genangan kurang dari 6 bulan, tekstur tanah halus, kemasaman normal (pH 3,5–6,5), kadar sulfat tinggi;
2. Sesuai, faktor pembatas utama genangan 6–9 bulan, dan kadar sulfat rendah (kurang dari 0,13%);
3. Agak sesuai, faktor pembatas utama genangan 6–9 bulan, kemasaman tanah rendah (pH > 6,5), kadar sulfat rendah;
4. Sesuai bersyarat, faktor pembatas utama genangan 6–9 bulan dan syarat khusus pengendalian kemasaman pada saat perbaikan kondisi genangan, lahan potensial tanah gambut, kemasaman normal, kadar sulfat tinggi;

5. Agak sesuai bersyarat, faktor pembatas utama genangan 6–9 bulan, kemasaman <3,5;
6. Tidak sesuai bersyarat, faktor pembatas utama genangan 9–12 bulan dan pengendalian kemasaman;
7. Tidak sesuai sekarang, genangan tetap, tekstur tanah halus, kemasaman normal, kadar sulfat rendah;
8. Tidak sesuai tetap, genangan tetap, tekstur tanah kasar, kemasaman rendah, kadar sulfat rendah.

Pembukaan lahan gambut untuk pertanian biasanya disertai dengan pengeringan lahan dengan membuat saluran-saluran drainase. Pembuatan saluran drainase berdampak negatif terhadap permukaan tanah karena permukaan tanah menjadi turun sehingga tidak cocok untuk usaha pertanian. Permukaan lahan gambut akan turun 3 m dalam waktu 30 tahun setelah pembukaan lahan (Bintoro et al. 2013).

Air sangat dibutuhkan tanaman sagu dalam proses fotosintesis. Sekitar 80–90% jaringan tubuh tanaman terdiri atas air untuk mempertahankan tekanan cairan sel (*turgidity*). Pohon sagu memerlukan banyak air untuk pertumbuhannya, namun air yang berlebihan akan menurunkan kandungan pati dalam batang. Tinggi muka air terbaik bagi pertumbuhan sagu berkisar 30–50 cm di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat dikurangi dengan membuat saluran air (kanal-kanal) di sekitar tanaman. Tiap bagian kebun seluas 1.000 ha dibagi menjadi 20 blok (50 ha per blok) dan tiap blok dikelilingi oleh kanal-kanal.

Hasil penelitian Louhenapessy (1994) menunjukkan bahwa produktivitas tanaman sagu berbeda pada kondisi hidrologi yang berbeda.

a. Lama genangan kurang dari 3–6 bulan, tinggi genangan pada musim hujan 10–40 cm dan tidak ada genangan dengan kedalaman (jeluk) air tanah rata-rata lebih dari 100 cm; produktivitas rata-rata 343 kg/pohon.
b. Lama genangan 6–9 bulan, tinggi genangan pada musim hujan 10–80 cm, tidak ada genangan pada musim kemarau dengan kedalaman air tanah 0–40 cm; produktivitas rata-rata 259 kg/pohon.
c. Lama genangan 9–12 bulan, tinggi genangan pada musim hujan <80 cm dan pada musim kering 0–40 cm; produktivitas rata-rata 200 kg/pohon.
d. Genangan tetap, tinggi genangan pada musim hujan >80 cm; produktivitas rata-rata <125 kg/pohon.

Air dikelola dengan membangun kanal-kanal di area pertanaman sagu. Selain untuk mendukung pertumbuhan tanaman, pembuatan kanal-kanal juga bertujuan untuk mencegah kebakaran dan sebagai sarana transportasi.

Selama musim hujan, muka air meningkat hingga sama tinggi dengan permukaan lahan. Dalam kondisi demikian, areal sagu tidak dapat diakses. Sebaliknya pada musim kemarau, muka air tanah sering kali kurang dari 1 m dari dasar kanal. Oleh karena itu, perlu dibuat bendungan yang dilengkapi pintu air. Pada saat muka air tanah tinggi, pintu bendungan dibuka dan ditutup ketika muka air rendah. Dengan demikian, muka air tanah dapat dipertahankan pada ketinggian 30–50 cm di bawah permukaan tanah. Untuk memantau tinggi permukaan air dapat dipasang alat yang disebut *pizzometer.*

Ada tiga tipe kanal di perkebunan sagu, yaitu kanal utama (saluran induk/primer), kanal pengumpul (saluran penghubung/sekunder), dan kanal cabang (saluran tersier). Kanal utama

lebarnya 6 m dengan kedalaman 4 m. Lebar kanal pengumpul dan kanal cabang masing-masing 5 m dan 4 m dengan kedalaman 3 m. Seluruh bagian kebun dihubungkan dengan kanal utama, sedangkan kanal pengumpul menghubungkan kanal cabang dengan kanal utama. Bila jalan kebun tidak dapat digunakan, kanal dapat berfungsi sebagai sarana transportasi dengan menggunakan perahu kecil (Amarilis 2009; Andani 2009).

Lahan gambut pasang surut umumnya mempunyai pH rendah dan permukaan air tanah tinggi sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan sagu. Oleh karena itu, pengelolaan air merupakan kunci utama dalam pengembangan sagu di lahan pasang surut. Tata air harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mencukupi kebutuhan tanaman maupun sebagai sarana transportasi. Komponen tata air ini meliputi saluran air, pintu pengendali air, serta tanggul dan sarana jalan. Menurut Darwis (1992), pembuatan saluran drainase, kanal, dan pintu air bermanfaat untuk mengatur permukaan air tanah.

Masyarakat Desa Sungai Tohor, Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau, memiliki kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lahan gambut (Saputra 2019). Dalam kondisi ekonomi sesulit apa pun, masyarakat Sungai Tohor tidak pernah mengganggu tanaman yang tumbuh di hutan gambut sekitar desa. Warga hanya memanfaatkan pohon sagu. Tak hanya itu, masyarakat juga tidak membuka kanal untuk memindahkan batang-batang sagu dari dalam hutan ke desa tempat tinggal mereka. Masyarakat sadar, membuka kanal bisa membuat lahan gambut menjadi kering dan cadangan air menyusut. Jika gambut makin kering, risiko kebakaran hutan pun tinggi.

Tanggul atau bendungan dibangun di kiri kanan saluran primer dan saluran sekunder yang sekaligus dapat digunakan sebagai prasarana jalan. Tinggi tanggul disesuaikan dengan tinggi luapan

air maksimum tahunan. Sebagai acuan sederhana dalam membuat tinggi tanggul atau jalan adalah dengan mengamati tinggi air pasang pada musim hujan (Desember, Januari dan Februari) atau pasang malam bulan purnama yang merupakan pasang terbesar.

a. Kanal Utama (Saluran Induk/Primer)

Dalam penataan saluran air atau kanal, kanal utama sering pula disebut saluran induk atau saluran primer, kanal pengumpul disebut saluran penghubung atau saluran sekunder, dan kanal cabang disebut juga saluran tersier. Kanal utama mengalirkan air dari kanal penampung dan kanal cabang, dari dan menuju sungai atau dari dan menuju bendungan penyimpan air.

Kanal utama dibuat melintang atau memotong tegak lurus ke arah sungai, memotong hamparan pertanaman sagu dan berfungsi sebagai pembatas, jalur transporasi, dan pencegah kebakaran. Jarak antar kanal utama bergantung pada kondisi vegetasi dan luas kawasan, bisa sampai 800 m. Lebar kanal utama bergantung pada kebutuhan, antara 2,5–6 m dan kedalaman 2–4 m.

Pembangunan saluran utama/primer, saluran pengumpul/sekunder, dan saluran cabang/tersier dapat menggunakan eskavator. Khusus untuk saluran tersier, apabila ketebalan gambut kurang dari 1 m, pembangunannya tidak dianjurkan menggunakan peralatan tersebut, tetapi cukup dengan peralatan ringan. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi pemadatan tanah di tepi saluran yang dapat mengganggu proses peresapan air.

b. Kanal Penghubung (Saluran Sekunder)

Kanal penghubung merupakan saluran yang menghubungkan antara kanal utama dan kanal cabang/saluran tersier. Saluran sekunder dibangun sebelum pembukaan lahan. Pada saat air surut,

saluran ini berfungsi untuk menampung aliran air dari saluran tersier dan mengalirkannya ke saluran primer, dan sebaliknya jika air pasang. Fungsi saluran sekunder yaitu sebagai pengendali air dan jalur transportasi untuk mengangkut sarana produksi dan hasil panen.

Kanal sekunder digali tegak lurus terhadap saluran utama (melintang pada blok dan kanal utama). Lebar saluran sekunder 2–5 m, dengan kedalaman 2–4 m, bergantung pada kebutuhan.

c. Kanal Cabang (Saluran Tersier)

Saluran tersier dibangun setelah pembukaan lahan dan disesuaikan dengan jarak tanam yang telah direncanakan. Saluran tersier dibuat di pertengahan blok atau di antara dua blok atau melintang di antara blok-blok yang berseberangan. Lebar saluran tersier 1,5–4 m. Saluran ini berfungsi sebagai saluran drainase pada setiap blok, batas antarblok, dan jalur transportasi dari kebun sagu bagian dalam ke sungai, saluran utama, saluran sekunder, atau ke saluran tersier dan sebaliknya.

B. Bahan Tanam

Bahan tanam sagu berasal dari jenis-jenis sagu unggul, terutama potensi produksi patinya tinggi. Jenis-jenis sagu yang sudah terkenal produksi patinya tinggi yaitu Molat, Tuni, Ihur, Makanaru, dan Rotan (di Maluku). Di Papua, jenis sagu yang produksi patinya tinggi yaitu sagu berduri Para, Rondo, Wimir, dan Witar, dan sagu tidak berduri Osukulu, Yeba, dan Folo, sedangkan di Papua Barat seperti di Sorong ada sagu Iwa Binis, Iwa Muluk, Iwa Snan, dan Iwa Rwo. Juga jenis sagu meranti di Selat Panjang, Riau.

Sagu dapat diperbanyak dengan menggunakan biji (generatif) atau anakan (vegetatif). Biji untuk perbanyakan, dipilih dari buah

yang telah matang fisiologis dan tidak cacat fisik. Selanjutnya, biji dideder dan disemai terlebih dahulu sebelum ditanam, yang biasanya memakan waktu cukup lama (12 bulan). Persentase perkecambahan biji sagu sangat rendah, bahkan beberapa peneliti melaporkan pengecambahan biji sagu sangat jarang (Barrau 1959; Rauwerdink 1986). Oleh karena itu, perbanyakan dengan biji jarang dilakukan sehingga tidak akan diuraikan secara rinci.

Perbanyakan tanaman sagu umumnya menggunakan anakan (vegetatif), namun tidak semua anakan dapat dijadikan benih. Kriteria pemilihan dan perlakuan benih sagu adalah sebagai berikut:

1. Benih diambil dari rumpun sagu yang terbukti produksi patinya tinggi;
2. Benih diambil pada fase sapihan (*sucker*);
3. Banir atau cadangan makanan (bonggol) sudah keras dan mempunyai akar yang banyak, berbentuk huruf L antara banir dengan tajuk sagu dan tapal kuda;
4. Daun, pelepah, dan pucuk tanaman masih hijau segar;
5. Bobot benih 2–5 kg, tetapi yang terbaik 2–3 kg;
6. Benih bebas dari serangan hama dan penyakit;
7. Benih diberi pestisida untuk mencegah serangan OPT selama pembenihan;
8. Benih yang diambil/dipisahkan dari induk sebaiknya bukan yang menempel langsung di batang induk;
9. Benih sebaiknya tidak langsung ditanam, tetapi disemaikan terlebih dahulu di atas rakit kemudian diletakkan dalam air selama 3–4 bulan (sampai muncul 2–3 daun). Benih bisa juga ditanam dalam polibag yang diberi naungan, kemudian disiram, dipupuk, dan dilakukan pengendalian OPT;

10. Benih siap ditanam di kebun setelah berumur 3–4 bulan atau telah terbentuk 2–3 pelepah daun segar dan memiliki akar baru yang banyak dengan panjang rata-rata 10 cm;
11. Pemangkasan daun dilakukan 30–50 cm di atas banir sebelum benih disemai;
12. Infeksi penyakit melalui luka pada banir atau akar dapat ditanggulangi dengan merendam banir dalam larutan pestisida berbahan aktif mankozeb konsentrasi 2 g/l selama 2 menit, kemudian dikeringanginkan;
13. Jika pembenihan dilakukan pada musim kemarau, sebaiknya dibuat naungan untuk mencegah transpirasi yang berlebihan.

Selain syarat umum benih, perlu pula diperhatikan hal-hal penting berikut:

1. Perencanaan dan Penyediaan Anakan

Pada tahap ini, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengiriman dan pengangkutan dari sumber benih ke tempat tujuan, karena kecepatan pengiriman memengaruhi kesegaran benih. Pengiriman yang terlalu lama menyebabkan benih mengalami dehidrasi. Langkah-langkah penyediaan anakan sagu untuk benih adalah sebagai berikut:

- Anakan berasal dari kebun sagu yang telah dipanen 3–4 kali, berat anakan 2,1–3,0 kg dan berbentuk huruf L.
- Anakan dipisahkan dari rumpun dengan cara dipotong di daerah yang berkayu keras, lalu pelepah daun dipotong hingga 40 cm. Pemisahan anakan dilakukan dengan menggunakan linggis yang bagian bawahnya lebar (pipih) dan tajam.

2. Pengangkutan Anakan

Anakan yang telah dipisahkan dari rumpunnya segera diangkut dan disemai di atas rakit untuk menghindari kematian. Selama pengangkutan, anakan diusahakan dalam kondisi dingin dan lembap.

3. Seleksi Benih

Sebelum diletakkan di atas rakit, anakan diseleksi berdasarkan tingkat kesegarannya. Hal ini karena selama pengangkutan, anakan dapat saja rusak/patah.

Sagu juga dapat diperbanyak dengan geragih (stolon) yang panjangnya bisa mencapai beberapa meter (Schuilling dan Jong 1986). Geragih adalah cabang pohon sagu yang beruas-ruas, tumbuh menyamping di permukaan tanah, berakar dan bertunas pada masing-masing ruasnya. Anakan yang tunasnya belum terbuka merupakan bahan tanaman terbaik. Perbanyakan sagu juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknik kultur jaringan. Di Universitas Pertanian Malaysia, beratus anakan (*plantlets*) sagu dapat diproduksi dalam waktu 18–24 bulan.

C. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi penting diperhatikan dalam pengembangan sagu. Walaupun sagu dapat tumbuh dan berkembang dalam berbagai kondisi agroklimat, secara mikro terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi. Lokasi sebaiknya mudah dijangkau dan dilengkapi dengan sarana transportasi dan sarana penunjang lainnya. Lokasi pengembangan sagu sebaiknya berada di sekitar kawasan hutan sagu atau hutan alam.

Secara garis besar persiapan lokasi pengembangan sagu meliputi pembersihan pohon besar, semak/belukar, dan perdu. Persiapan lainnya (untuk pengembangan di lahan petani) yaitu pengaturan sistem drainase, berupa pembangunan kanal-kanal air (jika lokasi di rawa atau gambut). Sistem drainase tidak memotong kubah gambut dan bertujuan menjaga kedalaman air tanah maksimal 50 cm dari permukaan tanah.

D. Penanaman

Sagu ditanam dengan jarak yang bervariasi, mulai dari 8 m x 8 m hingga 10 m x 10 m, dengan sistem tanam segi empat. Jarak dan sistem tanam disesuaikan dengan jenis sagu karena berhubungan dengan ukuran tajuk. Jika memungkinkan, jenis sagu yang berbeda ditanam secara terpisah, membentuk blok-blok pertanaman dengan ukuran tertentu, misalnya 1 ha per blok.

Lubang tanam dibuat dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm, kemudian benih ditanam dan ditimbun dengan tanah sebatas leher benih. Sebaiknya benih diberi penahan agar tidak rebah. Penahan dapat dibuat dari gaba-gaba (tulang daun atau "sampiang") yang diletakkan menyilang di bagian depan batang benih.

Tanaman sagu baru dapat dipanen paling cepat setelah berumur 8–10 tahun. Karena masa tunggu panen yang lama, petani sagu yang berdekatan dengan hamparan hutan, kemungkinan akan masuk, merambah, dan merusak hutan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Oleh karena itu, perlu ada alternatif sumber penghasilan selama petani menunggu panen. Dengan mengatur jarak dan sistem tanam, petani dapat mengusahakan tanaman lain sebagai sumber pendapatan sebelum sagu dapat dipanen, tanpa merusak hutan. Dengan kata lain pendapatan tidak bergantung semata-mata pada produk sagu. Pengaturan jarak dan sistem tanam sagu sekaligus dapat memaksimalkan pemanfaatan lahan dan memungkinkan petani memanfaatkannya sepanjang masa pertumbuhan sagu tanpa terkendala umur dan tutupan tajuk tanaman sagu.

Tingkat keberhasilan benih sagu setelah ditanam di kebun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air. Oleh karena itu, dianjurkan melakukan penanaman pada musim hujan atau menyesuaikan dengan ketersediaan air di lokasi pertanaman. Untuk mengurangi

penguapan pada daun, tanaman muda diberi naungan dan benih yang telah memiliki lebih dari 3–4 pelepah daunnya dipangkas pada 30–50 cm dari banir. Kelebihan tanaman sagu yaitu penanaman hanya dilakukan sekali dan tidak perlu peremajaan, yang ada justru pengurangan atau pengelolaan anakan per rumpun. Jadi, budi daya sagu merupakan usaha tani paling efisien dibanding tanaman tahunan/perkebunan lainnya.

Komposisi jumlah anakan dengan berbagai fase pertumbuhan dalam satu rumpun akan memengaruhi pertumbuhan, produksi, dan periode panen. Karena itu, setiap rumpun sebaiknya dipertahankan 8–10 tanaman dengan fase pertumbuhan yang berbeda, misalnya fase semai 3 pohon, fase sapihan 2–3 pohon, fase tiang 1–2 pohon, dan fase pohon 1–2 pohon.

Keunikan tanaman sagu yaitu anakan dalam rumpun bisa muncul dari berbagai arah dan dari berbagai jarak dari pusat rumpun. Jika tidak dikelola dengan baik, bukan tidak mungkin antarrumpun akan saling bertemu dan membentuk kawasan hutan sagu yang rapat, tanpa jarak. Untuk mencegah hal tersebut, pengaturan anakan sagu sekaligus diarahkan untuk mempertahankan area cakupan tiap rumpun. Jika terencana dengan baik, rumpun sagu tidak akan bergeser dari titik ajir awal penanaman.

Berkebun sagu telah dilakoni masyarakat di Kepulauan Meranti, Riau, lebih dari dua abad yang lalu. Masyarakat setempat sudah menanam sagu sejak tahun 1723 (Murod 2019). Menurut Ali (2015), proses penanaman sagu tidaklah mudah. Setidaknya ada dua cara pembersihan lahan yang dilakukan oleh para pemilik kebun. *Pertama*, membersihkan seluruh lahan dengan cara menebas belukar dan menumbangkan pohon-pohon besar. Hal ini untuk memastikan tanaman sagu bisa tumbuh dengan cepat.

Namun cara ini membutuhkan waktu dan tenaga yang banyak. *Kedua*, hanya membuat lorong-lorong dengan lebar 1 m, atau hanya membersihkan lahan di titik-titik penanaman saja. Cara ini lebih efektif dari segi waktu dan tenaga, tetapi kurang baik untuk pertumbuhan sagu yang akan ditanam.

Syukri, pemilik lahan sagu dari Dusun Makam, Kepulauan Meranti, memilih menanam sagu dengan cara kedua karena setiap minggu ia selalu datang untuk memeriksa dan membersihkan tanaman sagu yang baru ditanam. Setelah membersihkan belukar di lahan, ia menggali tanah lebih kurang 50 cm untuk tempat menanam benih sagu, lalu ditimbun dengan tanah. Jarak satu lubang dengan lubang lainnya lebih kurang 2–3 m, dan masing-masing diberi tanda untuk mempermudah saat melakukan pembersihan. Yang unik, di Kepulauan Meranti, ada buruh tani (warga sekitar lahan) yang jasanya dapat dipakai untuk membersihkan lahan dan menanam benih sagu. Pemilik lahan yang tidak ingin repot, ingin terima bersih dan praktis, cukup mengupah buruh tani untuk melaksanakan semua proses penanaman, mulai dari membeli benih, membersihkan lorong, menggali tanah, dan menanam benih sagu dengan upah Rp11 ribu per batang (Ali 2015).

E. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan sagu tidak jauh berbeda dengan tanaman tahunan lainnya. Pemeliharaan tanaman sagu meliputi penjarangan anakan, penyulaman, pemupukan, penyiangan (pengendalian gulma), dan pengendalian hama/penyakit tanaman. Pemeliharaan tanaman yang baik, seperti pengaturan rumpun dan pengendalian gulma, dapat menciptakan suasana nyaman alami di sekitar rumpun sagu, sehingga bila memungkinkan, kawasan pertanaman sagu dapat dijadikan tempat wisata alam yang eksotik.

1. Penjarangan Anakan

Penjarangan dilakukan dengan meninggalkan satu atau dua anakan tiap tahun, sehingga dalam satu rumpun terdapat 1–3 anakan dengan fase tumbuh yang sama. Di lapangan, ada petani yang melakukan penjarangan anakan dan ada yang tidak melakukannya. Penjarangan anakan dianjurkan untuk pohon sagu yang ditanam di lahan basah maupun di lahan kering. Namun, penjarangan anakan sagu lebih banyak dilakukan di lahan basah dibandingkan dengan di lahan kering.

Penjarangan anakan bertujuan untuk mengatur letak anakan dengan tanaman induk agar persaingan dapat ditekan sehingga pertumbuhan tanaman optimal dan mempermudah pengaturan panen. Pejarangan anakan dilakukan sebagai upaya memaksimalkan produksi tanaman sagu dengan membuang anakan yang tidak diperlukan. Menurut Bintoro et al. (2008), pejarangan anakan perlu dilakukan untuk menjaga kesehatan dan vigor pertumbuhan tanaman baru, memelihara ukuran tanaman, membentuk tanaman, serta mengoptimalkan hasil metabolisme bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Persaingan antartanaman dapat menyebabkan kandungan pati dalam batang berkurang dan menghambat pertumbuhan pohon induk.

2. Penyulaman

Tanaman yang mati perlu disulam. Penyulaman sebaiknya dilakukan pada musim hujan, tetapi dapat pula setiap waktu agar tidak terjadi kekosongan dalam areal pertanaman. Penyulaman menggunakan benih cadangan yang sudah ditanam di lahan bersamaan dengan waktu tanam, pada salah satu ujung barisan tanaman. Penyulaman dapat dilakukan sampai umur 3 tahun.

3. Pemupukan

Dalam kondisi alami seperti hutan sagu, pohon sagu tumbuh dalam kondisi organik karena belum bersentuhan dengan bahan-bahan kimia. Oleh karena itu, bila produk pati organik yang menjadi tujuan, pohon sagu tidak perlu dipupuk dan diberi pestisida. Pengendalian gulma dan hama/penyakit cukup dilakukan dengan cara-cara mekanis atau dengan biopestisida yang diizinkan. Jenis dan takaran pupuk untuk tanaman sagu pada kondisi lahan normal dapat dilihat pada Tabel 6. Sementara dosis acuan pupuk urea, *rock phosphate* (RP), *Muriate of Potash* (MoP/KCl), dolomit, kalsium (Ca), zink (Zn), dan borate (Bo) di salah satu perkebunan sagu besar di Riau dapat dilihat pada Tabel 7. Pemberian pupuk dilakukan dua kali dalam setahun, yaitu setengah takaran pada awal musim hujan dan setengah takaran pada akhir musim hujan.

Tabel 4. Jenis dan Takaran Pupuk Tanaman Sagu Di Lahan Normal

Umur (tahun)	Takaran pupuk (g/pohon/tahun)				
	Urea	SP-36	Phospate	KCl	Kieserite
0	-	300	-	-	-
1	100	-	100	50	-
2	150	-	150	100	-
3	200	-	200	150	30
4	250	250	-	250	40
5	300	-	300	250	50
6	400	400	-	400	80
7	500	-	500	500	100
8	500	500	-	600	120
9	500	-	500	700	140

Sumber : Tang Hong Tong, 1981 dalam Maliangkay, 2003

Tabel 5. Dosis Pemupukan Pohon Sagu Menurut Umur

Umur (tahun)	Takaran Pupuk (g/pohon/tahun)						
	Urea	RP	MoP	Dolomit	Ca	Zn	Borate
1	60	60	40	300	50	50	20
2	150	70	60	600	50	50	20
3	350	200	200	2.000	50	50	20
4	650	350	350	3.000	50	50	20
5	750	450	400	4.000	50	50	20
6	900	600	800	4.500	50	50	20
7	1.050	700	1.000	4.500	50	50	20
8	1.200	800	1.200	5.000	50	50	20
9	1.300	900	1.600	5.000	50	50	20
10	1.400	1.000	2.000	5.000	50	50	20
>10	1.500	1.000	2.200	5.000	50	50	20

Sumber: NTFP (2009) dalam Bintoro, dkk. 2010.

4. Pengendalian Gulma

Penyiangan gulma dilakukan pada tanaman sagu muda (3–5 tahun) karena pada umur ini tanaman rawan terhadap serangan hama. Keberadaan gulma juga akan memperbesar peluang terjadinya kebakaran kebun. Penyiangan dilakukan menggunakan tangan, sabit, parang, cangkul, atau alat penyiang lainnya. Bila dianggap perlu, gulma dapat dikendalikan dengan menggunakan herbisida. Gulma dapat dikomposkan, tetapi gulma yang menjadi inang serangga pengganggu perlu dibakar dan abunya dijadikan pupuk. Pengendalian gulma dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan, sebaiknya rutin dilakukan 3–4 kali setahun. Pengendalian gulma berguna juga untuk memperkecil kompetisi dalam mendapatkan hara. Pelepah daun yang telah mati dapat juga disusun di sekitar rumpun untuk menekan pertumbuhan gulma.

5. Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan penyakit utama pada tanaman sagu tidak terlalu berbeda dengan tanaman palma lainnya. Hama utama yang menyerang sagu yaitu kumbang *Oryctes rhinoceros* L., *Rhinchophorus ferrugineus*

Oliver, *Sexava* spp., dan *Artona* spp., juga babi hutan dan kera. Umumnya pengendalian hama dan penyakit masih menggunakan pestisida dan penyemprotan dilakukan jika serangan telah melewati ambang batas. Pada serangan terbatas, pengendalian mekanis dengan tangan atau alat sederhana dapat juga dilakukan. Penyakit yang umum menyerang sagu yaitu cendawan *Cercospora* sp. pada daun.

a. Kumbang *Oryctes rhinoceros*

Hama kumbang ini dapat dikendalikan secara terpadu melalui tindakan sanitasi, pemanfaatan musuh alami seperti *Baculovirus oryctes* dan *Metarhizium anisopliae*, serta penggunaan feromon, kapur barus, dan serbuk mimba.

- Sanitasi: dilakukan dengan cara menebang tanaman yang telah mati kemudian kayunya dimanfaatkan untuk kayu bangunan, perabot rumah tangga, kayu bakar, atau kayu dimusnahkan. Kayu pohon sagu yang mati kemungkinan dapat menjadi inang bagi kumbang *Oryctes*.
- Penggunaan musuh alami *Baculovirus oryctes*: kumbang *Oryctes* yang terinfeksi *Baculovirus* sudah tersedia di laboratorium Balai Penelitian Tanaman Palma, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Untuk pertanaman sagu seluas 1 hektare cukup dilepas 5–10 ekor kumbang terinfeksi *Baculovirus*.
- Pemanfaatan feromon (hormon pemikat): kumbang *Oryctes* diperangkap menggunakan pipa PVC yang bagian bawahnya ditutup dengan sepotong kayu. Dua lubang dibuat pada jarak 26 cm dari bagian atas pipa, dan 130 cm dari bagian bawah pipa. Lubang masuk dibuat dengan ukuran lebar 20 cm dan tinggi 10 cm untuk jalan masuk *Oryctes*. Feromon sintetis digantung pada lubang masuk tersebut. Setiap perangkap dimasukkan 2

kg serbuk gergaji dan *Metarhizium*. Setiap hektare pertanaman sagu dapat dipasang 2–3 perangkap feromon.

- Pemanfaatan kamper (*naphthalene balls*): Kamper digunakan sebagai penolak (*repellent*) hama *Oryctes*. Sekitar 3,5 g kamper per pohon diletakkan pada tiga pangkal pelepah di bagian pucuk. Aplikasi diulang setiap 45 hari.
- Pemanfaatan serbuk mimba: Serbuk mimba 250 g dicampur dengan 250 g pasir kemudian diaplikasikan pada pucuk sagu yang menjadi tempat masuk *Oryctes*. Aplikasi dilakukan pada 3–4 pangkal pelepah di bagian pucuk dengan interval 45 hari.

b. Hama Belalang *Sexava spp.*

Belalang sexava diduga berasal dari Indonesia. Pengendaliannya dapat dilakukan secara mekanis, kultur teknis, hayati maupun secara kimia, tetapi hingga sekarang belum diperoleh hasil yang memuaskan. Beberapa teknik pengendalian yang dapat diaplikasikan yaitu:

- Pelepasan parasitoid telur *Leefmansia bicolor*: Keberhasilan parasitoid telur *L. bicolor* dalam menginfeksi telur di laboratorium berkisar 51–77%.
- Penggunaan bioinsektisida Metabron. Bioinsektisida dengan bahan aktif cendawan *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* ini dapat menyebabkan mortalitas nimfa *Sexava* hingga 90.25% dan imago 86.26%. Bioinsektisida ini diutamakan untuk mengendalikan hama *Sexava* yang menyerang tanaman muda, berumur < 5 tahun, atau tanaman inang lain seperti pisang dan pandan.
- Penggunaan lem serangga. Pemasangan lem serangga pada batang sagu memberikan harapan baru dalam pengendalian hama *Sexava*. Rata-rata jumlah nimfa *Sexava* yang terperangkap

1,46 individu. Jika daya rekat dapat bertahan 3 bulan maka jumlah nimfa yang tertangkap mencapai 131 individu/pohon. Cara ini dapat menekan populasi hama di lapangan apabila dilakukan secara berkesinambungan.

- Perangkap *Sexava* tipe Balit Palma MLA (Meldy Leonardy Anderson). Perangkap dipasang pada batang pohon 1–1,5 m dari permukaan tanah dan dapat menangkap 0,9–6,6 nimfa/pohon atau rata-rata 3,04 nimfa/pohon/hari dan 0,04 imago/pohon/hari. Jika perangkap ini diaplikasikan dalam satu areal yang luas diharapkan dapat menekan populasi sampai pada batas yang tidak merugikan.
- Sanitasi kebun dan penanaman tanaman sela. *Sexava* meletakkan telur di tanah sekitar pertanaman. Oleh karena itu, sanitasi atau pengolahan tanah secara tidak langsung dapat mengendalikan populasi hama ini karena dapat merusak telur-telur yang ada di sekitar perakaran. Usaha diversifikasi dengan menanam tanaman tahunan lainnya seperti pala, cengkih, kopi, dan vanili ataupun tanaman setahun di antara tanaman sagu juga dapat diandalkan untuk mengatasi serangan hama *Sexava* dan sekaligus meningkatkan pendapatan petani sagu.
- Pengendalian kimia. Cara ini dilakukan apabila perlu dengan menggunakan insektisida sistemik yang dianjurkan, yaitu yang berbahan aktif dimehipo. Aplikasi dapat dilakukan melalui infus akar untuk tanaman muda dan injeksi batang untuk tanaman tua. Dosis yang digunakan yaitu 10 ml/pohon, dua kali setahun dengan interval 3 bulan. Injeksi batang dengan menggunakan insektisida sistemik tersebut dapat menyebabkan mortalitas *Sexava* 100%.

c. Ngengat *Artona catoxantha*

Hama yang juga mempunyai inang tanaman kelapa ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman sagu di Pulau Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara-cara berikut.

- Pengendalian hayati. Salah satu parasitoid utama yaitu *Apanteles artonae* mempunyai kemampuan tinggi dalam mencari inang walaupun populasi rendah. Parasitoid lain yang potensial yaitu *Bessa remota*.
- Pengendalian kimiawi. Dianjurkan menggunakan insektisida sistemik apabila terdapat lebih dari 3 butir telur dan larva muda per anak daun yang diamati.

d. Kumbang Penggerek Sagu *(Rhynchophorus ferrugineus)*

Panjang kumbang dewasa 2–4 cm, warna merah berkarat, mulut seperti belalai. Hama ini meletakkan telur pada luka bekas serangan kumbang *Oryctes*. Kumbang dapat membuat lubang dalam batang pohon hingga jarak 1 m, bila terkena titik tumbuh dapat menyebabkan kematian tanaman. Pengendalian dapat menggunakan cara-cara berikut.

- Sanitasi. Serangan kumbang sagu sering kali merupakan kelanjutan serangan *O. rhinoceros*. Oleh karena itu sangat penting mencegah serangan *O. rhinoceros* dengan cara membersihkan kebun serta memotong dan memusnahkan pohon sagu yang mati agar tidak menjadi sumber infeksi.
- Pemanfaatan musuh alami, yakni parasitoid larva (*Scolia erratica*) dan nematoda entomopatogen pada stadia larva dan imago (*Heterorhabditis indicus, Steinernema riobrave,* dan *S. carpocapsae*).
- Menggunakan perangkap feromon.

5. Penyakit

Penyakit yang biasanya menyerang tanaman sagu antara lain bercak kuning pada daun yang disebabkan oleh cendawan *Cercospora*. Gejala serangannya yaitu daun berbercak cokelat dan dapat mengakibatkan seluruh daun berbercak kering atau berlubang-lubang. Bila serangan cukup hebat, kanopi tanaman sagu tampak meranggas. Pengendaliannya dapat menggunakan fungisida dan sanitasi lingkungan.

Sumber: Huw Barton

Memarut empulur Sagu dengan mesin pemarut (rasper)

Sumber: Huw Barton

Mencacah empulur Sagu, Empulur ditumbuk dengan alu dari kayu

BAB VI
PANEN DAN PENGOLAHAN SAGU

Petani sagu umumnya dapat menentukan secara pasti umur sagu yang tepat untuk dipanen, yakni saat kandungan patinya optimum. Petani menggunakan kriteria atau ciri-ciri tertentu sebagai penanda sagu siap dipanen. Cara mengektrasi patinya berbeda-beda, sehingga hasil pati maupun kualitasnya beragam

A. Kriteria Pohon Sagu Siap Panen

Ciri-ciri pohon sagu siap panen dapat dilihat dari perubahan pada daun, duri, pucuk, dan batang. Umumnya tanaman sagu siap dipanen menjelang pembentukan primodia bunga, atau kuncup bunga telah muncul tetapi belum mekar. Pada saat tersebut, daun terakhir yang keluar mempunyai jarak yang berbeda dengan daun sebelumnya dan bentuknya pun berbeda, yaitu lebih tegak dan ukurannya lebih kecil. Perubahan lain yaitu bagian pucuk menjadi agak menggembung, duri semakin berkurang, dan pelepah daun menjadi lebih bersih dan licin dibandingkan dengan pohon yang masih muda.

Papeda dengan pelengkap sup ikan dan sayur
Sumber: tabloid sinar tani

Pada umumnya pemanenan sagu masih dilakukan secara sederhana. Setelah ditentukan pohon sagu yang akan ditebang, jalan masuk ke area rumpun dibersihkan, begitu pula batang yang akan dipotong untuk memudahkan penebangan dan pengangkutan hasil tebangan. Batang sagu ditebang menggunakan kapak, dan setelah pohon tumbang, pelepahnya dibersihkan dan sebagian ujung batang dibuang karena kandungan patinya rendah.

Di Kampung Yoboi, Sentani, Papua, pohon sagu yang telah ditebang batangnya dibersihkan dengan menggunakan parang, lalu dibelah dua (tidak dipotong dulu). Proses membelah batang pohon sepanjang 30 m ini tentunya membutuhkan tenaga yang banyak dan waktu yang lama (Wally 2018). Batang sagu dibelah dengan menggunakan linggis dan onggi, yakni pasak dari kayu soang yang merupakan jenis kayu endemis Papua.

Di Papua, Papua Barat, dan Maluku, batang sagu yang sudah dibersihkan dipotong-potong ukuran 1,5–2 m. Potongan batang tersebut kemudian dibawa ke parit atau sumber air terdekat untuk diekstraksi patinya dengan cara dipukul-pukul. Kadang-kadang batang sagu langsung diolah di tempat penebangan dengan membuat sumur darurat sebagai sumber air untuk proses ekstraksi pati. Untuk membersihkan anakan atau tanaman lain di sekitar pohon sagu yang akan ditebang, sering dilakukan pembakaran. Pembakaran tersebut tidak akan mematikan anakan, meskipun

seluruh daun yang ada di permukaan tanah habis terbakar. Di daerah Riau, batang sagu yang sudah ditebang dipotong-potong sepanjang 1 m, kemudian potongan batang tersebut dibawa ke kilang (pabrik) untuk diekstrak patinya.

Di Kabupaten Sorong Selatan, Papua Barat, tiap hektare hutan sagu rata-rata terdapat 202 rumpun (kluster) yang terdiri atas 1.222 batang sagu dengan berbagai tingkatan umur dan ukuran batang. Pengelolaan sagu skala industri biasanya menggunakan sistem tebang pilih. Namun di lapangan, sistem ini sulit diterapkan karena tidaklah mudah menentukan pohon sagu siap tebang karena bervariasinya umur dan kondisi tanaman. Apabila kondisi ini dibiarkan, luas areal sagu lewat masak tebang (kandungan patinya menurun), akan semakin bertambah sehingga produktivitas pati sagu menurun. Menyadari pentingnya memanen pohon yang telah masak tebang, perkebunan sagu di Sorong Selatan menggunakan pesawat tanpa awak berkamera (*Unmanned Aerial Vehicle*/UAV) untuk mengidentifikasi pohon sagu masak tebang.

Pohon masak tebang yaitu saat pohon sagu menjelang fase generatif. Di beberapa daerah sentra sagu, fase perkembangan pohon sagu dan cirinya sagu masak tebang adalah sebagai berikut.

1. Putus duri, pada sagu berduri pelepah daun tidak lagi terlihat ada durinya, kandungan pati pada fase ini masih rendah.
2. Daun pendek, daun baru (muda) tumbuh lebih pendek dan kandungan pati dalam batang mulai tinggi. Pada sagu *M. rumphii*, fase ini menandakan pohon siap dipanen.
3. Jantung, fase di mana seluruh pelepah mulai menguning, bagian pucuk membengkak, kuncup bunga atau jantung mulai terlihat. Fase ini merupakan saat terbaik untuk panen sagu *M. sylvester.*

4. Sirih buah, fase di mana kuncup bunga telah mekar dan bercabang seperti tanduk rusa serta buah mulai terbentuk, jika sagu dipanen pada fase ini kandungan patinya rendah. Fase ini paling tepat untuk memanen sagu *M. longisipium*.

Prinsipnya, bila pohon sagu telah lewat fase masak tebang (telah berbuah), kandungan patinya turun drastis sehingga tidak ekonomis lagi untuk dipanen.

Kriteria pohon sagu siap panen secara visual yaitu dalam satu rumpun, tanaman memiliki batang paling besar dan paling tinggi, jumlah daun di pucuk/mahkota berjumlah 3-4 pelepah, dan belum muncul bunga (bagian pucuk sudah membengkak dan segera muncul bunga). Keterlambatan panen terjadi ketika bunga telah muncul dan mekar. Ketika bunga sagu telah muncul dan mekar, nyaris seluruh cadangan energi berupa pati dalam batang telah digunakan oleh tanaman sehingga rendemen pati menurun drastis.

Waktu panen sagu berbeda-beda, ada yang berdasarkan umur, tual dan tanpa penetapan umur. Kebanyakan petani sudah tahu kriteria sagu siap panen, juga ketika pohon mengalami fase buang duri, fase nempal, mutih, dan fase muang sorong.

Masyarakat Papua dan Papua Barat mengenal ciri-ciri pohon sagu siap panen berdasarkan pelepah daun yang menjadi pendek bila dibandingkan dengan pelepah sebelumnya. Tanda kedua adalah kuncup bunga mulai tampak dan pucuk pohon mendatar bila dibandingkan pohon sagu yang lebih muda. Untuk memastikan batang sagu telah mengandung pati cukup banyak, ada juga yang melakukan pengujian dengan melubangi batang sagu kira-kira satu meter di atas tanah, kemudian diambil empulurnya lalu dikunyah dan diperas. Apabila air perasannya keruh berarti kandungan patinya cukup tinggi dan pohon siap dipanen.

Rumalatu (1992) menyatakan ada tiga kriteria yang merupakan pengetahuan lokal untuk memilih pohon sagu dengan kandungan pati tinggi. Kriteria pertama adalah *maputi* yang merupakan waktu terbaik untuk memanen sagu tuni (*M. rumphii*). Cirinya, pelepah daun menguning, daun-daun muda ukurannya mengecil, dan perkembangan duri menurun. Sagu tuni adalah salah satu dari lima tipe sagu dengan nama lokal di Maluku Ihur, Duri Rotan, Makanaru, dan Molat. Kriteria kedua adalah *maputi masa* yang diindikasikan warna pelepah daun berwarna putih dan kuning serta bunga mulai berkembang. Masa ini merupakan waktu terbaik untuk memanen sagu Ihur. Kriteria ketiga disebut tahap *siri buah*, yang ditandai dengan munculnya bunga. Saat ini merupakan waktu yang tepat untuk memanen sagu tipe *M. longisipium*.

Batang sagu yang akan dipanen kadang diperiksa dulu kecukupan kandungan patinya. Caranya yaitu dengan memotong bagian batang dengan menggunakan kampak. Bila hasilnya positif, batang pohon ditebang. Penebangan pohon sagu merupakan pekerjaan keras sehingga biasanya dilakukan oleh laki-laki. Bila lokasi pohon jauh dari tempat pemrosesan, batang yang telah ditebang dipindahkan lewat saluran air. Karakter batang sagu yang mengambang di atas air memudahkan transportasinya dengan memanfaatkan arus air atau ditarik dengan perahu. Batang sagu kerap kali dipotong dulu menjadi beberapa bagian untuk memudahkan pemrosesan.

Potongan batang sagu yang disebut tual (panjang sekitar 1 m) harus segera direndam dalam air di saluran. Jika dibiarkan terkena sinar matahari, tual akan kering dan kualitas pati menurun (Irwan 2018). Namun, perendaman tidak boleh terlalu lama, maksimal dua minggu. Kualitas air saluran akan memengaruhi kualitas pati sagu yang dihasilkan. Jika air saluran tercemar maka kualitas pati sagu

akan menurun. Oleh karena itu, potongan batang sagu sebaiknya tidak dialirkan atau direndam dalam saluran air, tetapi segera diangkut ke pabrik pengolahan dengan menggunakan gerobak sapi, kendaraan roda empat, atau alat transportasi lain.

Praktik pascapanen tual tanpa direndam di saluran air ini dilakukan oleh petani di Kabupaten Halmahera Barat. Menurut Welkom (2018), batang sagu dipotong sepanjang 40–60 cm dengan menggunakan mesin *chainsaw* lalu diangkut ke tempat pengolahan. Cara mengangkut potongan sagu tidak memanfaatkan aliran sungai, melainkan dengan tenaga manusia, gerobak sapi, atau kendaraan bak terbuka. Kearifan lokal masyarakat Kabupaten Halmahera Barat terletak pada kesadaran menggunakan air bersih untuk pengolahan makanan. Menurut mereka, pengangkutan potongan batang sagu menggunakan aliran air sungai menyebabkan masa simpan pati sagu basah menjadi lebih pendek. Hal tersebut karena air sungai juga digunakan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat sekitar sehingga airnya telah tercemar.

B. Ekstraksi Empulur Sagu

Ekstraksi pati sagu merupakan proses pengolahan empulur batang sagu untuk mendapatkan pati yang terkandung di dalamnya. Ekstraksi pati sagu di tingkat petani umumnya masih sederhana sehingga masih banyak pati sagu yang terbuang. Namun, di beberapa daerah, pengolahan empulur atau ekstraksi pati sagu sudah menggunakan peralatan mekanis atau semimekanis sehingga mampu memproduksi pati lebih banyak.

Ada dua cara ekstraksi pati sagu dari empulur segar, yaitu cara basah dan cara kering. Pada ekstraksi cara kering, proses dilakukan tanpa menggunakan air. Empulur dicacah hingga menjadi remah atau berbentuk serpihan-serpihan kecil, lalu dikeringkan

dalam oven, digiling, dan selanjutnya diayak dengan saringan untuk menghasilkan tepung yang halus. Untuk keperluan industri bukan pangan, hasil pengolahan cara kering dapat berupa tepung kasar yang lolos saringan 35 mesh (35 lubang per inch^2) dan disebut sebagai tepung batang sagu (*sago pith flour*). Sementara itu, produk utama dari ekstraksi cara basah merupa pati sagu *(sago starch*) dan sisa proses yang berupa ampas. Proses ekstraksi pati sagu dimulai dengan pembersihan gelondongan (batang sagu yang sudah ditebang) dari kulit serat yang kasar setebal 2–4 cm, pembelahan gelondongan menjadi beberapa bagian dengan panjang 40–70 cm, pemarutan, pemisahan pati dari serat, dan pengeringan.

Secara teknis, ekstraksi pati sagu dibagi menjadi dua, yaitu cara tradisional dan cara mekanis (pabrikasi). Proses ekstraksi secara tradisional umumnya dilakukan oleh sebagian besar petani sagu. Setelah tiba di tempat pengolahan, empulur sagu dicacah dan dikeluarkan dari bagian batang. Pencacahan biasanya menggunakan kayu pemukul yang kadang-kadang di bagian ujungnya diberi logam. Di beberapa daerah di Malaysia dan Indonesia, proses pencacahan ini diakukan secara mekanis dengan menggunakan alat pemarut. Kemudian hasil cacahan empulur dicuci untuk memisahkan dan mengeluarkan pati dari cacahan. Selanjutnya, pati disaring dengan menggunakan seludang daun kelapa yang berongga-rongga, tetapi saat ini, penyaringan menggunakan kain atau bahan nilon. Di Kampung Cibuluh, Desa Tanah Baru, Kecamatan Kedung Halang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, ekstraksi pati sagu dilakukan secara semimekanis. Empulur batang sagu diparut dengan mesin pemarut yang digerakkan oleh motor, sedangkan proses lainnya mirip cara tradisional. Meskipun cara mengekstraksi pati sagu relatif sama di seluruh wilayah tropis, terdapat beberapa variasi teknis yang dilakukan (Towsend 1974; Ellen 2004).

Pemrosesan sagu memerlukan kerja sama, dan umumnya dilakukan oleh pasangan suami-isteri atau anggota keluarga. Peranan sesuai gender bervariasi di setiap daerah. Umumnya, separuh proses mulai dari menebang pohon hingga membongkar batang dilakukan oleh pria, kemudian setengah tahap berikutnya sampai selesai dilakukan oleh wanita. Di PNG, pria bertugas melakukan seleksi tanaman, menebang pohon, membongkar batang, dan menghancurkan empulur, sementara pihak wanita bertugas mengangkut serta menyimpan pati hasil olahan. Ada juga di beberapa daerah penghancuran empulur menjadi tugas wanita (Toyoda 2015).

Menurut Haryanto (2015), Di Kabupaten Sorong Selatan, sagu hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan sendiri (subsistem). Guna mendorong masyarakat mengusahakan tanaman sagu, perlu ada percontohan cara mengekstraksi pati sagu yang efisien karena selama ini masyarakat melakukannya dengan menggunakan peralatan tradisional dan dilakukan secara turun-temurun. Dalam perkembangannya, setelah mengalami peningkatan kebutuhan, semakin terbatasnya waktu dan mulai munculnya kesadaran akan pentingnya mengolah empulur sagu dengan cepat dan higienis, masyarakat mulai mencari cara mengekstraksi pati sagu secara sederhana dan efisien.

Dalam rangka memberi contoh cara mengekstraksi pati sagu yang efisien, mudah, dan higienis, FAO bekerja sama dengan Kementerian Pertanian RI, pada Desember 2017, meresmikan satu unit percontohan pengolahan pati sagu terintegrasi yang sederhana (semi-modern) di Desa Labela, Kecamatan Besulutu, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Berbeda dengan cara ekstraksi sagu tradisional, pada unit pengolahan ini, dikenalkan cara pengolahan dengan mencuci bersih batang empulur sebelum diparut dengan

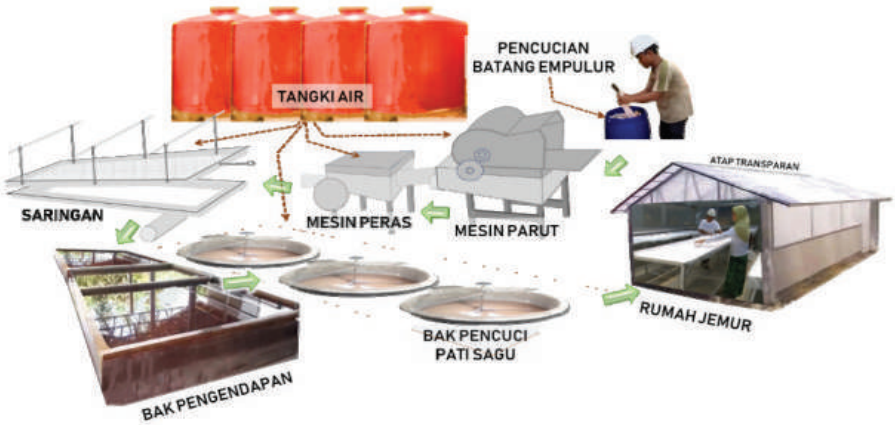
mesin. Pencucian menggunakan air sumur yang ditampung dalam beberapa tangki air besar, peremasan adonan empulur dengan mesin pemeras, pemisahan serat empulur dari partikel pati sagu dengan saringan yang bergerak otomatis, pencucian ulang endapan pati sagu dalam bak dengan menggunakan pengaduk yang digerakkan mesin. Selanjutnya, pati sagu yang telah bersih di dalam rumah jemur tertutup dengan bahan atap transparan sehingga cahaya matahari dapat masuk ke dalam ruang jemur. Hal yang penting juga adalah unit contoh pengolahan pati sagu terintegrasi ini dirancang menjadi unit tanpa sisa atau *zero waste*, karena sisa batang dijadikan arang, sisa serat empulur untuk media tanam jamur, dan air limbah dijadikan etanol. Skema pokok unit percontohan pengolahan pati sagu terintegrasi yang dibangun FAO di Konawe diuraikan pada Gambar 3.

1. Ekstraksi Cara Tradisional

Metode ekstraksi pati sagu yang asli menurut Nishimura (2008) adalah melumatkan empulur menggunakan kampak dan mencuci serpihan-serpihan empulur dengan tangan, yang dilakukan di New Guinea Island (NGI). Teknologi ekstraksi ini kemudian ditransfer ke wilayah Indonesia.

Cara ekstraksi pati sagu secara tradisional bisa berbeda di tiap daerah (Nishimura dan Laura 2002). Berdasarkan hasil kajian di New Guinea, Malaysia, Filipina, dan Indonesia, Nishimura (2008, 2012) menggolongkan empat tipe ekstraksi pati sagu, yaitu tipe New Guinea, tipe Malay, tipe *intermediate*, dan tipe campuran. Pada prinsipnya, empat cara ekstraksi itu sama, tetapi Nishimura membagi penggolongannya berdasarkan a) posisi pekerja ketika menghancurkan empulur (duduk atau berdiri), b) alat yang digunakan untuk menghancurkan empulur (kampak lebar, kampak bergagang pendek, kikir dan parutan), c) pencucian ketika memisahkan serat

empulur dan pati sagu (dengan tangan atau kaki), dan d) arah aliran air ketika proses pencucian (horizontal atau vertikal). Nishimura juga membagi cara ekstraksi pati sagu berdasarkan lokasi proses pemisahan pati sagu, yaitu tingkat pertama (*domestic level*) di lokasi pohon sagu ditebang dan tingkat kedua (*small-scale processing plant level*) di tempat lain atau di kilang untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 3. Alur proses ekstraksi pati sagu di unit percontohan bantuan FAO di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara.

Dalam proses ekstraksi pati sagu cara tradisional, empulur yang telah dicacah atau dilumat diberi air sedikit atau hingga agak terendam lalu remahan empulur itu beberapa kali diperas dengan tangan atau diinjak-injak dengan kaki. Hasil perasan berupa serat empulur dan cairan berwarna keputih-putihan sebagai akibat lepasnya komponen pati dari serat empulur dan bercampur dengan air pencuci. Air pencuci yang berisi komponen pati itu dialirkan melewati saringan yang terbuat dari anyaman daun pohon kelapa atau daun sagu. Unit pengolahan/ekstraksi pati sagu tradisional yang paling sederhana dan praktis untuk mengekstraksi 1–2 batang dapat dilihat pada Gambar 4. Sementara tahapan proses eksraksi

pati sagu tradisional dengan alat paling sederhana tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

Gambar 4. Unit Pengolahan pati sagu tradisional paling sederhana dan praktis.

Gambar 5. Proses ekstraksi pati sagu tradisional paling sederhana dan praktis.

Di Sulawesi Tenggara, pengolahan empulur sagu dilakukan oleh kelompok pengolah yang terdiri atas satu ketua kelompok dan 4 orang anggota. Pekerjaan penebangan pohon hingga pengantongan hasil sagu membutuhkan waktu sekitar 8 jam, dimulai pukul 8.00 dan selesai pukul 17.00, dengan istirahat 1 jam (Suharno 2015). Hasil penelitian Suharno (2011) pada usaha pengolahan sagu di Abelisawah dan Watulondo, menunjukkan hasil sagu basah per hari 30 kantong dengan volume 10 kg per kantong. Harga jual Rp 30.000 per kantong. Pemasaran sagu tergolong lancar di Kota Kendari yang mengindikasikan bahwa konsumsi sagu di tingkat rumah tangga cukup tinggi untuk keperluan bahan pangan seperti sinonggi.

Di pedalaman papua, campuran air dan pati ditampung dalam wadahberupa sampah kayu dibiarkan beberapa waktu, sehingga pati mengendap di bagian dasar wadah, sementara air yang biasanya agak kemerahan berada di bagian atas. Selanjutnya endapan dipisahkan dari air dengan cara mengalirkan air yang ada di bagian atas ke pembuangan. Endapan pati sagu lalu diambil dan dimasukkan ke dalam wadah.

Di Papua, pati sagu disimpan dalam tumang atau wadah lain yang tersedia. Pati kemudian dikeringkan dengan cara dijemur di panas matahari. Setelah beberapa hari, bergantung pada keadaan cuaca, pati sagu menjadi kering berbentuk tepung. Selanjutnya pati sagu kering dikemas dan disimpan.

2. Ekstraksi Cara Modern

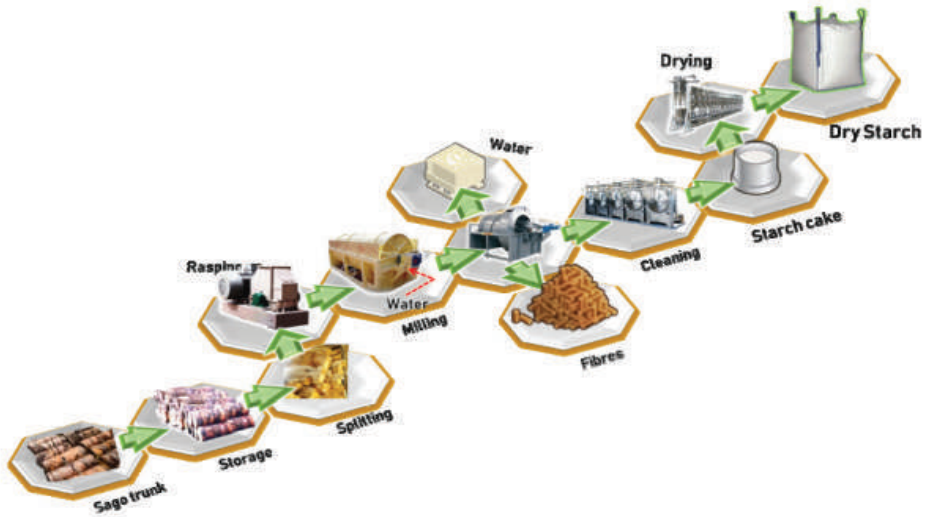
Proses ekstraksi pati sagu tradisional merupakan proses intensif waktu dan tenaga kerja. Pada ekstraksi cara tradisional, tahap yang paling banyak membutuhkan tenaga adalah mencacah empulur dengan menggunakan alat pemukul mirip palu, kemudian

mencuci, memeras, dan menyaring pati sagu. Pada ekstraksi cara modern, setiap tahapan proses dibantu dengan alat-alat mekanis, sehingga lebih menghemat waktu dan energi. Hasil dan mutu pati pun meningkat dan pati sagu lebih higienis (Karim et al. 2008; Singhal et al. 2008)

Dalam proses ekstraksi pati sagu secara modern, unit produksi skala kecil dilengkapi dengan mesin pemarut tipe silinder kapasitas hasil parut 730–1.000 kg per jam, yang menghasilkan pati 47,2% dan kehilangan empulur 4%. Unit produksi skala kecil yang lain dilengkapi dengan mesin pengaduk *blade-type* untuk membantu pemerasan empulur. Unit ini dapat mengekstrak empulur yang telah dicacah sebanyak 1.000 kg/jam dan menghasilkan pati sagu dengan rendemen 24% dan kehilangan pati yang terbawa limbah 2,1%.

Kapasitas produksi pati sagu secara tradisional diperkirakan sekitar 6 ton/tahun. Bila satu pohon sagu menghasilkan 200 kg pati sagu kering, untuk memproduksi 6 ton pati diperlukan 30 pohon sagu masak panen per tahun. Sementara kilang semi-modern dan kilang modern masing-masing dapat menghasilkan pati sagu hingga 45 ton dan 480 ton per tahun, dengan kebutuhan pohon sagu yang harus ditebang masing 225 dan 2.400 batang per tahun. Dengan perkataan lain, kilang sagu semi-modern memiliki kapasitas 7,5 kali lebih tinggi daripada kapasitas kilang tradisional, dan kilang sagu modern mempunyai kapasitas hampir 11 kali lebih tinggi daripada kapasitas kilang sagu semi-modern. Meskipun kilang tradisional berkapasitas rendah, konsumen menilai rasa pati sagu yang dihasilkan kilang tradisional lebih enak dan kandungan pati sagunya lebih murni, serta lebih cocok dengan rasa dan budaya setempat.

Proses pengolahan pati sagu modern menggunakan mesin otomatis dengan ban berjalan untuk mengangkatkan potongan batang sagu, mesin *hydrocyclone* untuk memisahkan bahan dalam cairan, dan mesin-mesin lain seperti yang digunakan dalam memproduksi pati jagung, kentang, dan gandum. Alur proses produksi pati sagu modern dapat dilihat pada Gambar 6. Memproduksi pati sagu secara modern seperti ini sudah setingkat dengan proses produksi pati jagung dan kentang yang digunakan pada level internasional. Dengan demikian, mutu pati sagu yang dihasilkan seharusnya sudah setaraf.



Gambar 6. Alur proses produksi sagu secara modern

Batang sagu hasil tebangan direndam dalam air untuk mencegah proses pembusukan. Selanjutnya kulit batang dikupas setebal kira-kira 2 cm dengan menggunakan kampak atau mesin pengupas kulit batang, sehingga hanya tinggal empulurnya. Empulur dibelah menjadi 6–8 potong, lalu dibawa dengan *conveyer* ke mesin pemarut yang berputar cepat. Serpihan empulur hasil

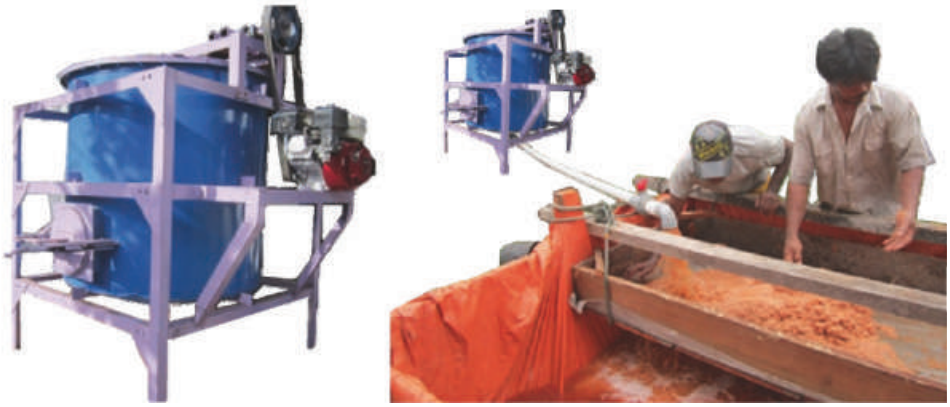
parutan ditampung dalam wadah berbentuk tabung berputar. Air disemprotkan ke dalam tabung sehingga serpihan empulur yang telah basah dikeluarkan melalui bilah spiral memanjang yang berputar untuk memeras dan juga berfungsi sebagai *conveyer*. Proses ini membuat komponen pati yang terjerap dalam empulur terlepas dan "larut" ke dalam air. Serat empulur yang sudah tidak mengandung pati masuk ke saluran pembuangan dan air yang mengandung pati mengalir melalui beberapa saringan lalu masuk ke dalam bak penampung dari semen atau kayu untuk diendapkan.

Pati hasil endapan dipisahkan dengan aliran udara yang berputar (*cyclone*), lalu masuk ke dalam drum vakum yang berputar dan dikeringkan dengan aliran udara panas. Setelah kering, pati/tepung sagu disaring kembali untuk memisahkan kotoran dan menyeragamkan butiran. Untuk memperoleh tepung dengan mutu yang lebih baik lagi, tepung diberi air bersih, lalu disaring, kemudian dilakukan pemisahan air dan komponen pati dan pengeringan ulang untuk memperoleh pati/tepung yang lebih bersih dan higienis.

Memarut empulur merupakan cara yang sering digunakan untuk memisahkan atau memecahkan struktur sel empulur sagu. Dalam proses ekstraksi, baik secara tradisional maupun mekanis, pencucian merupakan satu-satunya cara memisahkan komponen pati yang terlepas dari sel empulur, lalu "larut" dalam air. Efisiensi proses ekstraksi bergantung pada jumlah komponen pati yang terlepas dari sel empulur, dan jumlah pati yang terlepas bergantung pada banyaknya sel empulur yang pecah. Makin halus hasil parutan, makin banyak sel empulur yang dapat dipecahkan, tetapi serat empulur lebih sulit dipisahkan dari komponen pati yang tercuci (Colon and Annokke 1984; Cecil 1992). Gambar 7 memperlihatkan alat parut ukuran kecil yang digerakkan dengan mesin.

Gambar 7. Mesin parut sagu tipe silinder
(1) Tutup silinder, (2) Silinder parut (3) Tempat masuk bahan, (4) Rangka utama, (5) Mesin, (6) Poros silinder, (7) V-Tali karet, (8) Poros mesin. (9) Tempat keluar hasil.Sumber: Darnia, Fakultas Teknologi Pertanian, University Papua

Darma dan Gani (2010) serta Darma dan Kito (2014) mengembangkan alat pemisah pati sagu yang disebut ekstraktor pati sagu pisau pengaduk berputar (*stirrer rotary blade sago starch extractor*). Untuk melepas partikel-partikel pati dari serat empulur, bubur empulur diaduk secara kuat menggunakan pisau pengaduk. Pengaduk berfungsi untuk meremas campuran serpihan empulur dan air, lalu hasil remasan yang mengandung partikel pati jatuh melewati saringan sehingga serat dan partikel pati terpisah. Lalu air campuran partikel pati dan air diendapkan dalam bak penampung. Contoh mesin ekstraktor hasil pengembangan Darma dan Kito (2014) disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Ekstraktor pati sagu kapasitas 1.007 kg empulur parut per jam dengan persentase pati 24% dan pati terbuang bersama limbah 2,1%.

Pada kilang pengolahan pati sagu skala kecil, batang sagu dipotong sepanjang 1–1,2 m, lalu diangkut ke kilang dengan memanfaatkan genangan air sungai atau air saluran. Batang pohon kemudian diparut dengan papan yang diberi paku. Beberapa kilang menggunakan parutan yang diputar dengan mesin. Empulur halus hasil parutan diberi air sambal diinjak-injak, seolah diperas agar partikel pati terlepas dari serat empulur. Hasil perasan dialirkan melalui saringan untuk memisahkan partikel pati dan serat. Air yang mengandung partikel pati kemudian diendapkan dalam wadah penampung. Setelah itu, pati dijemur untuk menguapkan air sehingga diperoleh pati sagu kering yang siap untuk disimpan atau diolah lebih lanjut (Ruddle dan others 1978; Cecil 2002; Oates dan Hicks 2002).

Suku Argao di Cebu Filipina memiliki teknologi unik untuk mengekstrasi pati sagu secara kering. Ekstraksi menggunakan peralatan minimal dan tanpa air, sehingga pati yang dihasilkan lebih

higienis, dapat disimpan lebih lama, membutuhkan lebih sedikit bahan bakar, dan ramah lingkungan. Cara ekstraksi pati sagu kering ini disebut *Argao dry process* (Flores 2009). Bila dalam pengolahan pati sagu basah, empulur dipukul-pukul atau diparut menjadi serpihan kecil dan kemudian ditambah air untuk memisahkan partikel pati dari serat empulur, dalam pengolahan kering, empulur diiris tipis-tipis dengan menggunakan pisau tajam (setelah kulit kayu dikupas), lalu irisan empulur itu segera digantung dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering (kadar air 14%), yang bila ditekan di antara dua jari, empulur kering itu akan pecah. Setelah kering, irisan empulur ditumbuk dalam lumpang atau memakai *hammer mill* dan diayak sehingga diperoleh tepung. Kehalusan tepung diatur sesuai keinginan dengan menumbuk ulang butiran pati kasar, tapi biasanya tepung berukuran 60 mesh, 100 mesh, atau 200 mesh. Kandungan pati dalam tepung sagu dengan kehalusan 200 mesh mencapai 96%. Bila tepung sagu ini digunakan untuk bahan baku roti, roti yang dihasilkan lebih sehat dan terasa unik dengan rasa roti bakar yang lebih kuat daripada roti biasa. Seorang ibu rumah tangga dapat mengiris satu batang sagu panjang 1 m dalam waktu 3 jam, dan menghasilkan 40-50 kg tepung sagu kering per hari bila cuaca cerah.

Cara ekstraksi pati sagu kering *Argao dry process*, menurut Yamamoto (2018) dan Haryanto et al. 2015 disebut *green technology* karena hemat air dan bebas cemaran dari air rendaman atau air buangan pada ekstraksi cara basah. Pati hasil ekstraksi kering mengandung 3% serat, sedikit lebih tinggi daripada kandungan serat pati hasil ekstraksi cara basah sekitar 1%. Namun, kandungan serat yang 3% itu dapat dikurangi melalui fermentasi dengan ragi (Haryanto et al et al 2015).

3. Meningkatkan Hasil Ekstraksi Sagu

Alat ekstraksi pati yang disebut *stirrer rotary blade sago starch extractor*, digunakan untuk memisahkan partikel pati dengan serat empulur. Pemisahan pati dengan filtrasi kuat terjadi ketika serat empulur yang bercampur partikel pati, disemprotkan ke saringan yang berputar cepat dalam tekanan (*sieve bend*), sehingga partikel pati yang lebih kecil terlempar ke arah luar karena kekuatan sentrifugal. Air disemprotkan pada serat empulur halus yang masih berada dalam tabung saringan, agar partikel sagu yang masih ada pada serat tercuci. Dengan teknik ini, sering kali pati terperangkap dan terbuang bersama serat empulur, terlebih bila air tidak cukup dan saringan tersumbat.

Dalam percobaan di laboratorium, lebih efisien menempatkan saringan di bawah air daripada di atas air. Percobaan selanjutnya adalah dengan menempatkan saringan yang berputar terbenam sebagian dalam air sehingga partikel pati dipisahkan dari serat empulur dalam air (akibat gravitasi dan gerakan air). Penggunaan saringan yang terbuat dari baja tahan karat (*stainless steel*) menunjukkan hasil yang baik, karena 1) pemisahaan pati menjadi efisien dan relatif lebih bersih, 2) penggunaan air lebih sedikit karena air tidak perlu terus-menerus disemprotkan pada serpihan empulur, air juga dapat diolah kembali untuk digunakan ulang sehingga menghemat air dan mengurangi volume ampas, 3) saringan yang terendam sebagian diputar menggunakan motor penggerak dengan kekuatan 2 kilowatt sehingga mengurangi penggunaan listrik, dan 4) penyumbatan saringan menjadi minimal karena serat segera dipindahkan dengan adanya aliran balik ketika tabung saringan berputar dalam air.

Ekstraksi pati sagu secara tradisional memiliki tingkat ekstraksi rendah (25–40%) dan kualitas pati kurang baik dalam hal kemurnian dan warna. Sementara ekstraksi secara mekanis tidak efisien dan sulit melepaskan sisa pati yang terjerap dalam empulur. Kandungan pati dalam ampas empulur di Malaysia Timur saja jumlahnya hampir 50% dari volume pati yang diimpor Malaysia per tahun, yang totalnya sekitar 40.000 ton (Manan et al. 2001).

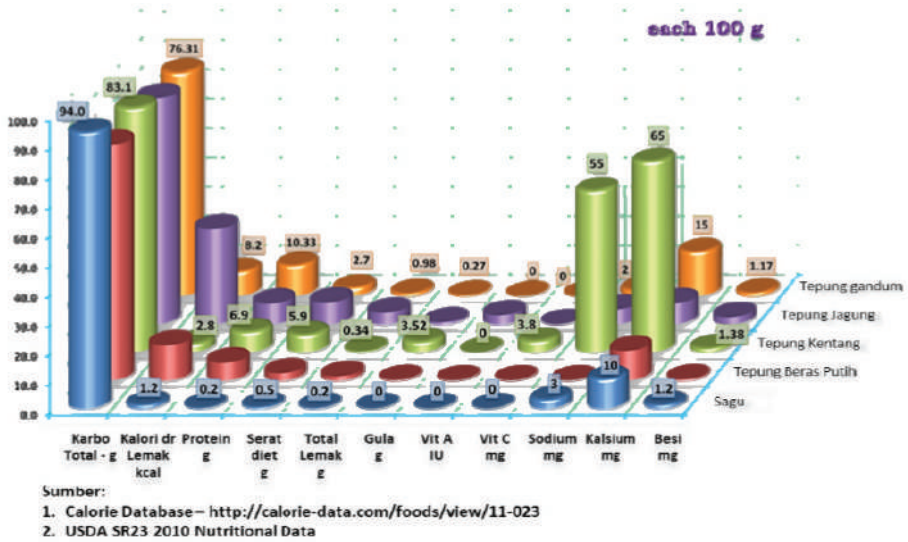
Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki teknik ekstraksi pati dan kualitas pati sagu, antara lain dengan perlakuan enzim. Manan et al (2001) mengekstrak ampas dari empulur dengan menggunakan dua jenis enzim komersial yang bekerja dengan cara menghancurkan dinding sel, yaitu enzim pectinex Ultra SP-L dan ultrazyme 100G. Kedua enzim itu dapat mengektraksi pati kembali sampai 42% dengan ukuran partikel yang lebih luas daripada ampas yang tidak mendapat perlakuan. Pada percobaan lain, dengan menggunakan enzim penghancur dinding sel yang diisolasi dari *Bacillus megaterium*, Abdullah et al (2002) dapat meningkatkan hasil pati sagu yang diekstrak hampir 30% dibanding ekstraksi dengan cara mekanis biasa. Kombinasi aktivitas pektinolitik, selulolitik, dan xilanolitik yang terdapat dalam enzim penghancur dinding sel kasar, dampak menghidrolisis dinding sel empulur sehingga melepaskan partikel pati yang terjerap di dalamnya.

BAB VII
PENGOLAHAN PATI SAGU SEBAGAI BAHAN PANGAN

Umumnya pati sagu dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan. Pengolahan pati sagu menjadi bahan pangan telah berlangsung sejak lama, bahkan pati sagu menjadi bahan pangan utama di beberapa sentra sagu. Papeda atau kapurung merupakan contoh makanan dari pati sagu sebagai bahan pangan utama di Papua, Ambon, dan Sulawesi Selatan (Toraja). Seiring perkembangan dan kemajuan teknologi pengolahan pangan, pati sagu dapat menjadi bahan baku beragam panganan (kue), seperti bagea, sagu bakar, dan pengganti pati dari gandum, misalnya dalam pembuatan mi dan bihun.

Cara memasak pati sagu beragam, misalnya dibuat gel sagu yang disebut puding sagu, bubur sagu, dim sum (*sago dumpling*), dan sagu panggang seperti kue dadar (*pancake*). Di Toraja Sulawesi Selatan dan daerah sungai Sepik PNG, pati sagu basah dimasak dalam batang bambu atau di antara dua batang pohon seperti *sandwich*. Di banyak tempat, pati sagu dikonsumsi sebagai makanan pokok dengan pelengkap seperti daging, ikan, sayur, dan kadang-kadang ditambah santan kelapa (Ruddle et al. 1978). Di Papua pati sagu disajikan dengan sayur dan sup ikan disebut papeda.

Sebagai bahan pangan sumber energi dengan kandungan karbohidrat 94 g/100 g, pati sagu mengandung karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dengan tepung gandum, tepung jagung, tepung kentang, atau tepung beras putih. Namun, kandungan protein sagu hanya 0,2 g/100 g (b/b), sementara tepung gandum mengandung protein 10,33 g/100 g atau 52 kali lebih tinggi daripada kandungan protein pati sagu. Kandungan natrium (Na) yang diidentifikasi berkaitan dengan penyakit darah tinggi dalam pati sagu hanya 3 mg/100 g, sementara tepung kentang mengandung Na 55 mg/100 g atau 19 kali lebih tinggi daripada pati sagu. Berdasarkan kandungan nutrisi tersebut, pati sagu dapat menjadi bahan pangan ideal untuk pengaturan diet makanan. Kandungan karbohidrat, lemak, gula, protein, dan mineral pati sagu dibandingkan dengan tepung lain dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kandungan karbohidrat, lemak, gula, protein, dan mineral pati sagu dibanding tepung lain.

A. Sagu Sebagai Pangan Tradisional

Sagu dikonsumsi sebagai makanan pokok dalam bentuk papeda basah maupun papeda kering/bungkus. Papeda basah adalah gelatin sagu dan dikonsumsi dengan dicampur kuah ikan dan sayuran. Gelatin sagu dibuat dengan cara mencampur tepung sagu dengan air mendidih sambil diaduk. Perbandingan antara tepung sagu dan air mendidih adalah 1 : 2, yaitu 1 kg pati sagu ditambahkan dengan air mendidih 2 liter. Setelah menjadi gel, pati sagu dapat dikonsumsi langsung sebagai papeda,atau dibuat sohun dan kue tradisional. Papeda biasanya dimakan bersama colo-colo dan ikan.

Pemanfaatan sagu di Indonesia umumnya masih dalam bentuk pangan tradisional, misalnya dikonsumsi dalam bentuk makanan pokok seperti papeda. Di samping itu sagu juga dikonsumsi sebagai makanan pendamping seperti sagu lempeng, sinoli, dan bagea (Harsanto 1986). Sementara masyarakat Maluku mengonsumsi sagu sebagai bahan pangan pokok (papeda, sinoli, tutupola, sagu lempeng, dan buburne) maupun camilan (sarut, bagea, sagu tumbu, dan sagu gula). Di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara, makanan ini dikenal dengan nama kapurung dan sinonggi, sementara di Sangihe Talaud dikenal dengan nama rirange (Lay *et al*. 1998; Wahid 1988). Di Riau terdapat berbagai makanan tradisionaldari sagu, seperti sagu gabah, sagu rendang, sagu embel, laksa sagu, kue bangket, sagu opor, dan kerupuk sagu (Hutapea *et al*. 2003).

B. Sagu Bahan Pangan yang Ditanam Sendiri, Makanan Pelengkap, dan Makanan Darurat

Ada beberapa cara keterkaitan masyarakat setempat dengan sagu. Pertama, pati sagu sebagai makanan pokok. Di daerah

seperti ini, masyarakat mengolah pati sagu untuk memenuhi kebutuhan sendiri, meskipun mungkin dengan cara memanen sagu yang umbuh liar atau dari hutan sagu. Kedua, pati sagu sebagai komoditas yang diperjual-belikan atau bersifat komersial (Toyoda (2015). Batang sagu yang telah dipanen dikumpulkan dan patinya diproses di pabrik atau kilang. Dalam hal ini sagu berperan sebagai sarana untuk mendapatkan penghasilan. Ketiga, meskipun masyarakat memiliki atau tinggal di sekitar hutan sagu, sagu hanya digunakan sekedarnya, sebagai tambahan pada makanan lain, atau hanya dikonsumsi dalam keadaan darurat, atau bahkan sagu tidak lagi dikonsumsi.

Sagu merupakan makanan pokok sebagian penduduk di kawasan timur Indonesia. Kurang lebih 30% penduduk Maluku dan 20% masyarakat Papua dan Papua Barat mengonsumsi sagu sebagai makanan pokok. Bentuk makanan tradisional dari sagu yang sudah dikenal di daerah itu yaitu sagu lempeng, bagea, buburnee, papeda, sagu tumbuk, kue cerutu, sinoli, dan sagu tutupola. Di Papua, umumnya sagu dikonsumsi dalam bentuk papeda atau sagu lempeng, sedangkan di Ambon makanan yang terbuat dari sagu lebih bervariasi, antara lain sagu lempeng dan buburnee.

Salah satu cara membuat penganan dari sagu ialah memasak tepung sagu dalam potongan batang bambu atau dalam bungkusan daun. Sagu yang dimasak dalam bungkusan daun disebut sagu ega sedang yang dimasak dalam bambu disebut “sagu bulu” atau sagu “tutupola”. Prinsip pembuatannya sama dengan pembuatan sagu lempeng, hanya bentuk dan ukurannya yang berbeda.

Sagu juga diolah menjadi aneka kue. Untuk membuat kue, sagu basah dipres hingga pipih, lalu dibakar di atas wajan batu atau alat yang terbuat dari tanah liat atau logam. Kue yang dapat

dibuat dari sagu antara lain adalah sagu gula, sagu tumbuk, bagea, kue cerutu, sinoli, kue tali, bangket sagu, saku-saku, dan sagu uha. Sagu juga dikonsumsi dalam bentuk butiran sagu atau buburnee (*pearl sago*) di Asia Tenggara. Butiran sagu tersebut dibuat dari campuran tepung sagu, tepung beras, dan parutan kelapa.

Makanan dan kudapan dari sagu. Sumber: tabloid sinar tani

Di Desa Kota Kapur, Kabupaten Bangka, sebuah desa yang sudah ada sejak abad ke-7, ibu-ibu warga desa setempat menumbuk empulur batang sagu menggunakan "lesung" dan alat tumbuk

dari kayu. Pohon sagu yang telah ditebang digeletakkan di tempat datar, kemudian dibuat 'lubang'. Selanjutnya, empulur batang sagu itu ditumbuk beramai-ramai. Tepung sagu dimasak menjadi bubur, atau bahan membuat kue untuk keperluan sendiri (Huda 2018).

Sialana (2007) peneliti dari Unido menyebutkan bahwa mengonsumsi sagu secara teratur dapat membantu pencernaan dan mencegah perut buncit. Hal ini karena sagu mengandung pati yang tidak dapat dicerna hingga 45% sehingga akan mengikat racun yang terdapat dalam usus dan mengeluarkannya melalui fases. Sagu sebaiknya dikonsumsi pada pagi hari. Masyarakat Maluku yang biasa mengonsumsi sagu relatif sehat dan giginya baik, begitu pula matanya, umur 60 tahun dapat membaca tanpa kaca mata. Namun, sampai sekarang sagu masih dipandang sebagai makanan kurang bergengsi, padahal mengonsumsi sagu secara teratur dapat menyehatkan tubuh.

C. Kegunaan Sagu dalam Industri

Industri lain yang menggunakan pati sagu sebagai bahan baku adalah industri *monosodium glutamate* (MSG), minuman ringan untuk membuat berbagai macam sirup, dan industri perekat (lem) yang terkait dengan pembuatan kayu lapis (*plywood*). Terobosan baru penggunaan pati sagu adalah sebagai bahan pembuatan bioplastik mudah terurai, serta pembuatan alkohol, etanol, dan asam sitrat. Dengan demikian, pati sagu merupakan bahan yang serba guna, yang berpotensi menggantikan pati jagung, kentang, dan gandum dalam industri pangan maupun nonpangan.

Bahan pengganti lain yang karakternya mirip dengan pati sagu adalah pati dari singkong (tapioka). Namun faktor harga juga menentukan apakah pati sagu dapat menggantikan pati dari bahan lain. Hal ini menjadi tantangan berat bagi sagu dari Indonesia dan

Malaysia untuk masuk ke pasar Eropa untuk menggantikan peran pati jagung, kentang dan gandum karena ketiganya mendapat subsidi di Eropa.

D. Sagu Sebagai Bahan Pangan Baru

Kajian untuk mengganti tepung terigu dengan pati sagu di Thailand Selatan memperoleh hasil yang baik, yakni kue kering yang dihasilkan dapat diterima konsumen. Tepung susu dapat menggantikan terigu hingga 40%. Hasil ini menunjukkan bahwa pati sagu berpotensi menggantikan dan dapat dicampur dengan tepung terigu dalam pembuatan kue dan makanan lain. Pada akhirnya upaya ini secara keseluruhan dapat meningkatkan penggunaan pati sagu sehingga pati sagu dapat berperan dalam ketahanan pangan rumah tangga hingga global sebagai pengganti tepung terigu (Konuma et al. 2012).

1. Roti dan Biskuit

Pati sagu dapat dibuat menjadi aneka roti, biskuit, dan *pancake*. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk membuat roti dan biskuit dari pati sagu dengan hasil yang baik dan dapat diterima konsumen. Pengembangan makanan ringan dari sagu dapat menambah kegunaan hilir sagu dan sekaligus meningkatkan diversifikasi pangan. Untuk itu, aneka produk pangan dari sagu perlu terus dikenalkan ke masyarakat sehingga mereka terbiasa dan dapat menerimanya. Di sisi lain, penelitian perlu dilakukan untuk lebih memperbaiki tekstur serta karakter produk sehingga lebih mendekati produk serupa yang dibuat dari terigu, seperti puding dan bahan dasar pembuatan gel.

2. Mi dan Sohun

Sohun dan mi adalah produk pangan yang dapat dibuat dari pati sagu. Namun, pati sagu untuk kebutuhan ini harus memenuhi

persyaratan mutu tertentu. Oleh karena itu, pati sagu perlu diproses lebih lanjut agar memenuhi tingkat mutu yang diinginkan. Produksi sohun secara nasional masih relatif kecil yakni 80.000 ton per tahun. Sementara permintaan sohun di dalam dan luar negeri terus bertambah. Dengan demikian, pasar sohun sangat potensial untuk diisi dengan sohun dari sagu.

3. Sagu Mutiara

Sagu mutiara cukup populer di kawasan Asia Tenggara, termasuk di Indonesia. Berbentuk butiran (terkadang berwarna warni), sagu mutiara biasanya dibuat bubur, kolak, kue, dan aneka makanan sejenis. Thailand dahulu merupakan produsen sekaligus eksportir sagu mutiara, namun sekarang negara ini kesulitan bahan baku. Sebagai gantinya, mereka membuat mutiara dari tepung tapioka. Sagu mutiara dibuat langsung dari pati basah. Teknologi pembuatannya sangat mudah, tetapi agar dapat menjadi makanan pokok perlu perbaikan tekstur, rasa, dan pengembangan menu.

Sagu mutiara dapat diolah dengan dicampur kacang-kacangan agar kandungan proteinnya meningkat. Konsumsi sagu mutiara dengan potongan buah-buahan dapat lebih memenuhi kebutuhan vitamin dan serat.

4. Edible Film

Pati sagu juga dapat dibuat menjadi selaput tipis yang dapat dimakan (*edible film*). *Edible film* dari pati sagu mempunyai sifat tipis, kuat, elastis, mengilap, halus, jernih dan transparan, serta sangat kompak. *Edible film* dari pati sagu dapat digunakan untuk mengemas bumbu mi instan. Namun, umur simpannya masih singkat sehingga perlu penyempurnaan untuk dapat digunakan secara komersial (Hikmat 1997).

Edible film dibuat dari bahan-bahan pembentuk film yang terdiri atas tepung sagu, karboksi metil selulosa, air destilasi sebagai pelarut, dan gliserol sebagai *plasticizer*. Proses pembuatan *edible film* dibagi dalam beberapa tahap, yakni pembuatan suspensi pati, pencampuran, pemasakan bahan pembentuk *edible film*, penghilangan gas terlarut, pencetakan *edible film*, dan pengeringan.

Kelebihan yang diperoleh dari penggunaan *edible film* antara lain bersifat mudah terurai, kompatibel, tampilan menarik, serta dapat menahan gangguan oksigen dan fisik. Pati banyak digunakan sebagai bahan baku *edible film* karena bersifat terbarukan, tersedia secara luas, mudah ditangani, dan murah (Lourdin et al. 1995). Produk yang dibungkus dengan *edible film* alami menjadi lebih menarik, selain dapat mempertahankan konsistensi bentuk serta memperbaiki rasa, aroma, dan rasa.

5. Makanan Bayi Pendamping Air Susu Ibu (MP-ASI)

Penelitian dan pengembangan MP-ASI berbasis tepung sagu telah dilakukan oleh Santosa (1989). Tahapan pembuatannya adalah pencampuran tepung sagu dengan air, diaduk lalu disaring sehingga terjadi proses pragelatinisasi. Setelah itu dicampur dengan bahan tambahan seperti kedelai, beras, tempe, teri tawar, tepung ikan, dan daging. Selanjutnya dibuburkan pada suhu 80^0–90° C dengan penambahan larutan gula. Kemudian dikeringkan dengan alat pengering drum (*drum dryer*) dan ditepungkan kembali. Selanjutnya tepung difortifikasi dengan susu skim, vitamin, dan mineral. Hasilnya menunjukkan bahwa formula dengan komposisi: tepung sagu 48%, kedelai 24%, tempe 7%, dan campuran daging ayam, susu skim, dan gula 20% memiliki sifat fisik, komposisi gizi, dan sifat organoleptik yang paling baik.

Penelitian mengenai MP-ASI berbasis pati sagu juga dilakukan oleh Ardiansyah (2006). Penelitian tersebut menghasilkan MP-ASI dalam bentuk bubur instan yang menggunakan campuran pati sagu 40%, isolat protein kedelai 25%, susu skim 25%, dan minyak sawit 10%. MP-ASI berbasis pati sagu ini memiliki kadar air 2,55%, kadar abu 3,59%, kadar protein 22,85 , kadar lemak 12,68%, dan energi 389,04 kal. Nilai kalori produk ini memenuhi persyaratan MP-ASI menurut standar FAO, yaitu minimal 370 kkal. Produk bubur ini dapat disajikan dengan perbandingan bahan dan air 1:3 dengan waktu rehidrasi 1,3–1,4 menit. Produk ini memiliki sifat fisik berupa densitas kamba (*bulk density* b/v) 1,46 g/ml dan rendemen 78,65%.

6. Sagu Instan

Sagu instan merupakan produk kering berbentuk butiran, berwama putih bening, dibuat dari pati sagu yang berbentuk bulat kemudian dikukus sehingga patinya tergelatinasi, lalu dikeringkan. Proses pembuatannya adalah tepung sagu dicampur dengan tepung kacang hijau/tepung kedelai, kemudian air ditambahkan sedikit demi sedikit pada campuran tepung tersebut, diratakan dan ditekan-tekan sampai menjadi adonan yang remah. Pembentukan butiran dilakukan dengan cara digoyang-goyangkan dalam kantong kain kemudian diayak menggunakan ayakan manual. Sisa hasil ayakan dibasahi dengan air, diremas-remas, kemudian dimasukkan kembali dalam kantong kain untuk dilakukan pembutiran. Hasil ayakan butiran dimasukkan ke dalam kuali untuk disangrai selama 5-10 menit sampai lapisan luar tergelatinasi. Sagu instan yang telah masak langsung dikeringkan dengan cara dijemur dalam alat pengering buatan yang ditempatkan di bawah panas matahari. Setelah kering sagu instan dapat dikemas (Malawat 2011).

Hasil penelitian Sanusi (2006) pada sagu instan sebagai makanan tinggi kalori, menunjukkan bahwa sagu instan dapat dibuat dengan menggunakan pati sagu sebagai bahan baku utama, ditambah tepung kedelai, susu skim, gula, dan minyak nabati. Penentuan formula didasarkan pada jumlah kandungan kalori yang harus memenuhi syarat makanan tinggi kalori, yaitu minimal 300 kkal per 100 g bahan. Proses pembuatan sagu instan menggunakan perbandingan komposisi pati sagu dan tepung kedelai.

Tahap pembuatan produk dimulai dengan penentuan jumlah air untuk perebusan. Jumlah air yang tepat sangat penting untuk mendapatkan karakteristik bubur yang baik, yaitu homogen, matang, dan tidak lengket sewaktu dikeringkan dengan pengering drum. Perbandingan jumlah pati sagu dan air yaitu 1:3, 1:5, 1:7, dan 1:9. Selanjutnya pati sagu direbus dengan jumlah air yang telah ditentukan, kemudian dikeringkan menggunakan pengering drum. Produk kering yang dihasilkan selanjutnya digiling halus menggunakan *hammer mill* (Sanusi 2006).

Kebanyakan orang Indonesia kuerang mengenal makanan yang namanya *sago dumpling*, *sago-mango juice*, *indica rice sago pudding*, dan *pineapple sago syrup*. Makanan berbahan baku sagu yang banyak dikenal oleh masyarakat Indonesia adalah papeda, kapurung, sinole, sinonggi, dan makanan sejenis yang variasinya dari dulu relatif tidak bertambah. Di Tiongkok, ada lebih dari 30 jenis makanan berbahan pati sagu, yang dalam periode 2011–2016 telah didaftarkan pada institusi paten internasional. Tabel 8 menyajikan produk makanan berbahan sagu yang telah didaftarkan hak paten internasionalnya oleh pemegang hak paten.

Tabel 6. Makanan berbahan sagu yang didaftarkan hak patennya

Nomor identifikasi paten (id)	Judul patent	Pemegang hak paten (*assignee*)
CN-101606570-B	A sort of honey made sago production methods	祐康食品（杭州）有限公司
CN-102187967-A	sago dumplings	肇庆市鼎湖豪居香食品有限公司
CN-102318675-B	Tibetan kefir fermented milk containing sago and preparation method thereof	浙江大学
CN-102524764-A	Thick soup with pomegranate, hawthorn and sago and preparation process of the same	宝发展酒店物业管理有限公司
CN-103355410-A	sago-mango juice	薛晓萌
CN-103416666-B	Crystal sago rice lees products and processes	周毅梅
CN-103478713-A	Spleen invigorating and digestion promoting pineapple sago syrup	铜陵市天屏山调味品厂
CN-103493871-A	Method for preparing cool indica rice flour sago pudding	合肥市香口福工贸有限公司
CN-103598519-A	Preparation method of cool and refreshing sago noodle	定远县云龙面粉有限公司
CN-103734827-A	Making method for mango pomelo sago drink	中南林业科技大学
CN-104187423-A	White water chestnut sago porridge and processing technology thereof	宁国市瑞龙生态农林开发有限公司
CN-104187909-A	Mango sago cream	安徽阜南常晖食品有限公司
CN-104256369-A	sago traditional Chinese rice pudding	宋廷斌
CN-104256777-A	Mango sago pudding with effect of expelling phlegm to arrest coughing	董春年
CN-104256812-A	sago pudding with effects of maintaining beauty and keeping young	董春年

CN-104273609-A	Pawpaw-milk sago pudding	安徽翔远安防科技有限公司
CN-104273624-A	Qi-tonifying and nerve-calming sago pudding	董春年
CN-104304377-A	White sesame and sago bread and production method thereof	合肥皖为电气设备工程有限责任公司
CN-104305012-A	Heat clearing sago honey and preparation method thereof	汤兴华
CN-104621639-A	sago cream	黄兴来
CN-105249083-A	Mango and sago juice	彭婷婷
CN-105876774-A	sago porridge with shrimp meat and preparation method thereof	成都鲜美诚食品有限公司
CN-106071477-A	A coconut milk collagen sago beverage	柳州市美食联盟协会
CN-106071483-A	Papaya sago in coconut milk	范振捷
CN-106107264-A	Taro root sago milk	范振捷
CN-106107265-A	Snow pear sago milk	范振捷
CN-106107802-A	Peach gum and sago type nutritional jelly	安徽省林锦记食品工业有限公司
CN-106306683-A	sago crystal traditional Chinese rice-puddings	李金玲
CN-106359513-A	Wild papaya and sago cakes and manufacturing technology thereof	贵州天楼生物发展有限公司
CN-106942434-A	sago cough-relieving tea and preparation method thereof	唐彤
CN-107668210-A	Method for preparing selenium-rich and stomach-nourishing sago milk tea	江阴市永丰食品制造有限公司
CN-109418420-A	A kind of 24 taste sago milk beverage and preparation method thereof	陈璇
KR-101912895-B1	Making method of rice noodle using dry-milled rice flour and sago starch	이순자

Sumber: https://patents.google.com. sago-palm, diolah, diakses 15 September 2019.

E. Penggunaan Pati Sagu pada Makanan Jepang dan Tiongkok

Dalam pembentukan gel, sifat-sifat gel pati sagu mirip dengan gel pati kentang, pati ubi kayu, dan pati ubi. Dalam hal retrogradasi dan kandungan amilosa, sifat-sifat gel pati sagu mirip dengan gel pati jagung. Hal ini membuktikan bahwa pati sagu dapat digunakan dalam berbagai tipe masakan dan produksi makanan, karena ketika pati sagu digunakan sebagai pengganti pati dari bahan-bahan lain, produk jadinya mempunyai rasa yang dapat diterima konsumen. Gel dari pati sagu mempunyai tingkat elastisitas, kelembutan, fleksibilitas, dan kelengketan yang memuaskan.

Penggunaan pati sagu pada makanan yang mengembang menghasilkan sifat fisik yang lebih baik, begitu pula rasa dan teksturnya. Penggunaan lebih lanjut pada makanan yang terbuat dari pati sagu sedang dikembangkan (Hirao 2015). Di Jepang, pati sagu diimpor dalam bentuk pati teroksidasi dan tepung yang digunakan dalam pembuatan aneka jenis mi. Penelitian penggunaan pati sagu tersebut terus berlangsung.

Pohon dan pati sagu kini mendapat perhatian luas sebagai sumber makanan alami bernilai dan tanaman yang dapat membantu menjaga lingkungan. Pati sagu mendapat perhatian yang meningkat untuk mengatasi masalah pada abad ke-21, seperti pemanasan global, kerusakan lingkungan, dan penggundulan hutan tropis, serta untuk mengatasi kelaparan yang sering terjadi di negara berkembang karena populasi dunia yang meningkat cepat (Kainuma 2015; Yamamoto 2015).

Di Jepang pun, kesadaran terhadap pemanfaatan pati sagu telah menyebar luas dan potensinya untuk produksi pangan

memperoleh perhatian yang besar (Kondo 2015; Hirao 2015). Pati sagu berpotensi membuat kehidupan rakyat di seluruh dunia lebih berarti dan lebih berwarna sehingga penelitian tentang pati sagu pantas untuk dilanjutkan. Beberapa jenis pangan dari sagu di negara lain diuraikan berikut ini.

1. Udon (Mi Jepang)

Yokota et al. (2015) membuat udon dari lima jenis pati, yaitu sagu, kentang, ubi, kudzu (*Pueraria spp*), dan pati ubi kayu (tapioka). Masing-masing pati ini kemudian dicampur dengan tepung beras dengan perbandingan 50% : 50%. Sebagai pembanding dibuat udon dari tepung beras (100%) dan tepung terigu (100%). Hasilnya, udon yang dibuat dari tepung beras lebih lembut daripada udon dari tepung terigu. Namun dengan menambahkan pati pada tepung beras, udon menjadi lebih menyatu (*firm*) dibanding udon yang terbuat dari tepung terigu. Udon yang terbuat dari tapioka paling keras, diikuti oleh udon dari pati sagu. Berdasarkan evaluasi rasa, dengan parameter kelembutan, kelengketan, dan evaluasi menyeluruh, udon yang terbuat dari pati sagu lebih disukai. Udon yang terbuat dari 50% pati sagu dan 50% atau 70% tapioka paling disukai panelis

2. *Chinese Noodles* (Mi Tiongkok)

Dalam adonan mi tiongkok, pati digunakan sebagai pengganti sebagian tepung terigu. Mi tiongkok yang sudah direbus bertambah keras dan melar bila jumlah pati dinaikkan. Dibandingkan mi tiongkok yang terbuat dari pati sagu dan pati kentang, mi jauh lebih keras dan lebih melar. Mi tiongkok yang terbuat dari pati sagu, berat bahan padatnya turun drastis ketika direbus. Berdasarkan evaluasi rasa, mengganti tepung terigu dengan pati sagu 10 atau 20% membuat mi menjadi lebih transparan, kurang lengket dan

mempunyai rasa yang lebih disukai panelis daripada mi yang dibuat tanpa dicampur pati (Kondo et al. 2013).

3. Roti dan Kue Muffins

Kue muffin yang dibuat dengan menambahkan pati sagu mengembang lebih baik dan memiliki tekstur yang lebih seragam serta lebih kenyal daripada kue muffin dari pati jagung atau pati kentang. Pada pembuatan roti, penggantian 30% tepung roti dengan pati sagu menghasilkan roti yang lebih mengembang 1,3-1,5 kali. Roti sagu menjadi lebih kenyal dan mempunyai tekstur yang lebih seragam daripada roti yang dibuat dari pati lain. Berdasarkan bukti ini, dapat disimpulkan bahwa pati sagu dapat menjadi bahan pembuat kue yang mekar sempurna.

4. *Chinese Vermicelli* (Sohun Tiongkok)

Berdasarkan karakter psikokemikalnya, pati sagu dapat menjadi bahan pembuat mi/sohun yang sangat baik. Oleh karena itu, pati sagu digunakan dalam memproduksi sohun dengan metode penekanan dalam cetakan (Takahashi et al. 1985). Dengan menggunakan pati sagu, sohun yang dihasilkan terlihat transparan, tidak mudah putus, dan tidak lengket. Dalam evaluasi rasa, sohun yang dibuat dari pati sagu bernilai lebih tinggi daripada sohun berbahan lain untuk penampakan, tekstur, dan evaluasi menyeluruh. Dengan demikian, pati sagu dapat dipertimbangkan sebagai bahan untuk memproduksi sohun. Penambahan 5% isolat protein kedelai dalam pati sagu menghambat daya larut dan menghasilkan sohun yang mirip dengan yang diproduksi di Tiongkok (Takahashi dan Hirao 1992).

5. Kuzukiri/ Fen Pi

Fen pi adalah lembaran tipis dari pati kacang hijau yang digunakan pada masakan Tiongkok. Di Jepang, lembaran tipis dari pati itu disebut kuzukiri atau suisen, makanan ringan yang dikonsumsi

dalam keadaan dingin, dilengkapi dengan madu hitam atau tepung kedelai yang digoreng. Umumnya kuzukiri dibuat dari pati kudzu, kentang, atau pati ubi dengan karakter kualitas tekstur, daya kunyah, dan kemampuan bahan untuk menyatu dengan *topping* dan bumbu-bumbu. Berdasarkan informasi tersebut, pati sagu dicoba sebagai bahan membuat fen pi. Hasilnya menunjukkan bahwa fen pi yang dibuat dari pati sagu mempunyai kekerasan yang mirip dengan fen pi dari tepung kentang, lebih keras dari fen pi tepung kudzu, dan kira-kira setengah keras dari fen pi tepung kacang hijau. Dalam uji rasa, fen pi dari pati sagu paling disukai untuk karakter daya lekat, kemudahan mengembang, dan penilaian keseluruhan (Ohya et al. 1990).

6. Gomadofu (Tahu Susu Wijen)

Gomadofu dibuat dari tepung kudzu dan biji wijen yang dipanaskan hingga menjadi gel. Makanan ini merupakan salah satu menu utama bagi vegetarian. Sebagai alternatifnya, adonan dibuat dari pati sagu, atau tepung kudzu dan 30% tepung kedelai, sebagai ganti biji wijen giling. Hasilnya, pati sagu dapat menjadi pengganti tepung kudzu dalam pembuatan Gomadofu (Takahashi dan Hirao 1994).

7. Kamaboko (Pasta Ikan Rebus)

Guna menentukan pengaruh pemanasan pada karakter fisik gel, pati sagu dan pati kentang ditambahkan pada pasta ikan pollack Alaska dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit dan 30°C selama 30 menit, kemudian 80°C selama 20 menit. Struktur jaringan gel pasta ikan diteliti dengan menggunakan mikroskop elektron vakum *scanning* rendah. Pada gel yang mengandung pati sagu (yang partikelnya lebih kecil daripada partikel pati kentang), partikel pati sagu dapat diamati. Hal ini membuktikan bahwa kemampuan pati sagu lebih rendah daripada pati kentang untuk diproses menjadi gel (Sompongse et al. 2006a).

Gel pasta ikan beku pati sagu diperiksa lebih lanjut dengan dipanaskan pada suhu 90° atau 80°C. Pada suhu masak 90°C, gel lebih keras dan partikel pati di dalam gel lebih besar daripada bila dipanaskan pada suhu 80°C. Berdasarkan hasil ini, pati sagu yang ditambahkan pada pasta ikan beku, harus dipanaskan pada suhu 90°C agar struktur gelnya sama dengan struktur gel pati kentang (Sompongse et al. 2006b).

8. Warabimochi (*Bracken Starch Pastry/* Kudapan dari Pati Pakis)

Warabimochi adalah makanan penutup yang populer karena tampilannya transparan dan lembut di lidah. Warabimochi secara tradisional dibuat dari pati pakis. Namun karena kenaikan harganya, pati/tepung pakis dicoba diganti dengan pati sagu. Hasil akhirnya, warabimochi pati sagu lebih baik dalam hal warna, kualitas potong, keutuhan, dan kualitas gigit daripada warabimochi tradisional. Transparansi warna pada warabimochi merupakan aspek penting, dan pati sagu lebih superior dibanding hasil dari pati kentang. (Hamanishi et al. 2002).

9. Kuzuzakura (kudapan dari Pati Kudzu)

Kuzuzakura adalah makanan penutup berwarna transparan yang disajikan pada awal musim panas, berbentuk bulat yang diisi dengan pasta kacang merah (adzuki). Biasanya kuzuzakura dibuat dari tepung kudzu yang dicampur dengan tepung kentang dengan perbandingan 3 : 1. Kali ini kuzuzakura dicoba dibuat dari 100% pati sagu. Hasilnya, kuzuzakura yang dibuat dari pati sagu lebih baik dalam hal kemudahan membuatnya, daya bentuk, dan daya ketahanan bentuk. Dalam uji rasa, kuzuzakura dari pati sagu memiliki rasa yang lebih lembut, dan lebih kenyal daripada kuzuzakura asli, dan sangat disukai dalam hal transparansi, warna

serta kualitas potongan. Pati sagu menghasilkan gel lembut yang mencapai tingkat keseimbangan dan keutuhan bentuk yang tepat antara kudapan dan isinya (Takahashi and Hirao 1994).

10. Nama-yatsuhashi (*Raw Cinnamon-Flavored Dumplings*)

Yatsuhashi merupakan manisan yang populer di Kyoto. Ada dua bentuk dasar yatsuhashi, yaitu nama-yatsuhashi yang mempunyai rasa lembut di mulut, dan yaki-yatsuhashi yang dipanggang dan keras seperti kue kering. Nama-yatsuhashi merupakan adonan ketan tipis berbentuk segi empat dengan aroma kayu manis. Bahan utamanya tepung ketan atau tepung beras. Ketika tepung beras dan tepung ketan diganti pati sagu masing-masing 30% dan 50%, yatsuhashi lebih lengket. Bila 50-70% tepung beras diganti dengan pati sagu, dihasilkan produk dengan elastisitas yang lebih disukai, juga pada penilaian menyeluruh. Hal tersebut membuktikan bahwa pati sagu dapat menjadi bahan nama-yatsuhashi (Kondo et al. 2013).

11. Kue Mushiyōkan

Mushiyokan yang dibuat dari tepung kudzu atau tepung terigu, dicampur dengan pasta biji kacang merah disukai karena teksturnya tebal. Namun, mushiyokan yang dibuat dari pati sagu rasanya lebih lembut dan kurang lengket daripada yang dibuat dari tepung kudzu. Kualitas rasanya juga sama dengan mushiyokan dari tepung kudzu dalam hal warna, tingkat kemanisan, rasa dan kekenyalan, dan penilaian menyeluruh (Hamanishi et al. 2002).

12. *Pie filling* (Kue Isi Jepang)

Kue isi Jepang dibuat dari tepung jagung atau tepung terigu, tetapi bila disimpan dalam suhu rendah, kue cepat berubah bentuk (menjadi partikel pati kembali/*retrogradation*) dan mengeluarkan

air. Karena itu, bahan kue diganti dengan pati sagu ditambah kuning telur bubuk (setara 20% pati sagu). Hasilnya, kue mempunyai daya mengeluarkan air yang rendah dan bentuknya tidak berubah. Nilainya lebih baik daripada kue dari tepung jagung dalam hal keutuhan bentuk, kekenyalan, dan penilaian menyeluruh. Dengan demikian, pati sagu dapat menjadi bahan pembuatan kue isi Jepang (Hirao et al. 2005).

13. Puding Blancmange

Blancmange merupakan pudding bergaya Inggris yang dibuat dari campuran tepung jagung, gula, dan susu, yang dipanaskan sehingga membentuk gel. Ketika pati sagu digunakan sebagai pengganti tepung jagung, hasilnya blancmange kurang mengeluarkan air, daya tahan bentuk lebih baik, kurang lengket, dan memiliki rasa yang lebih baik (Hirao et al. 1998). Segera setelah dimasak, gel sagunya lembut, fleksibel, dan tidak lengket, tetapi ketika didinginkan pada suhu 5°C selama 24 jam, bentuknya bertahan ke tingkat yang lebih baik (Hirao et al. 2002, 2003). Penambahan bubuk cokelat atau bubuk teh hijau, memperbaiki ketahanan bentuk blancmange berbahan pati sagu, dan meningkatkan rasa, kekerasan, kelembutan, serta hasil uji rasa keseluruhannya (Hirao et al. 2003b).

14. Biskuit

Biskuit merupakan kudapan yang dipanggang dalam oven, terbuat dari bahan dasar terigu, margarin, gula, dan susu. Pada beberapa jenis biskuit ditambahkan pati sebagai pengganti sebagian terigu. Bila 50% terigunya diganti dengan pati sagu, biskuitnya memiliki daya mengembang lebih besar, lebih lembut, dan lebih renyah dibanding biskuit dari tepung kentang atau tepung jagung. Karakter terbaik dicapai dengan tambahan 50% pati sagu.

Hasil uji rasa menunjukkan bahwa biskuit yang sebagian

tepungnya dari pati sagu, lebih renyah daripada biskuit yang dibuat hanya dari tepung terigu. Juga lebih baik dalam bentuk, rasa, kekerasan, kerenyahan, rasa ketika di lidah, dan pada hasil penilaian menyeluruh. Bila margarin yang digunakan lebih sedikit, dan persentase pati sagu ditambah, biskuit menjadi kurang renyah. Kue kering dari pati sagu yang dibuat menggunakan telur sebagai ganti *baking powder* dan susu, memiliki tingkat kekerasan yang sama, tetapi 3-4 kali lebih renyah (Hirao et al. 2004).

Sumber: Pustaka

Bagea salah satu olahan sagu

BAB VIII
KEGUNAAN SAGU DALAM INDUSTRI NONPANGAN

Potensi penggunaan pati sagu dalam industri nonpangan pada dasarnya sama seperti pati gandum, jagung, dan kentang. Sekitar 39% (3,63 juta ton) dari 9,3 juta ton produksi pati di Eropa (pati jagung, kentang, dan jagung) digunakan dalam industri nonpangan, yaitu untuk industri karton dan kertas (29%), industri bukan makanan lain (5%), industri farmasi dan kimia (4%), dan pakan ternak (1%). Penggunaan pati sagu yang masih terbuka lebar adalah dalam menghasilkan produk bioteknologi.

Seperti pati lainnya, melalui fermentasi, pati sagu dapat dibuat menjadi etanol (Haska dan Ohta 1993; Ratnam et al. 2003, 2006), monosodium glutamate (MSG), bahan memproduksi siklodekstrin, dan industri laktat (susu). Pati sagu juga dapat dibuat menjadi gula cair.

Sagu mempunyai kegunaan yang beragam karena kandungan karbohidratnya cukup tinggi, minimal 85%, lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan karbohidrat pada jagung (71%) dan ubi kayu (24%). Bila tepung sagu dengan kandungan karbohidrat 85% diolah menjadi bioetanol, 1 kg pati sagu akan menghasilkan 0,5 kg

bioetanol. Bila 1 ha pertanaman sagu dapat menghasilkan 15 ton pati sagu kering per tahun, bioetanol yang dihasilkan sekitar 7.500 liter. Bioetanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar solar, tidak mengandung timbal, dan tidak menghasilkan emisi hidrokarbon sehingga ramah lingkungan. Pengolahan pati sagu menjadi etanol serupa dengan pembuatan tapai dari ubi kayu. Pati sagu diubah menjadi gula menggunakan mikrob dan difermentasi lebih lanjut menjadi etanol. Etanol yang diperoleh kemudian dimurnikan melalui destilasi (Sumaryono 2007).

Pada proses destilasi dengan menggunakan destilator tunggal skala laboratorium, kadar bioetanol hasil fermentasi pati sagu dari pohon sagu tidak berduri lebih tinggi (51–53%) daripada kadar bioetanol pati sagu dari pohon sagu berduri (32–35%). Berdasarkan hasil uji pembuatan bioetanol ini, guna mengoptimalkan pemanfaatan sagu, sebaiknya pati dari pohon sagu berduri digunakan sebagai bahan pangan, sedangkan pati sagu dari pohon tidak berduri dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol.

Ampas sisa ekstraksi pati sagu masih mengandung karbohidrat yang terjerap dalam empulur. Dalam proses pembuatan pati sagu tradisional, ampas empulur biasanya dibuang ke sungai atau dibiarkan mengotori hutan. Dengan teknologi fermentasi sederhana seperti diuraikan di atas, ampas empulur sagu dapat diubah menjadi energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan area terpencil. Bila energi dari ampas pati sagu ini digunakan dalam rumah tangga, maka perusakan hutan akibat pengambilan kayu bakar akan berkurang.

A. Pengolahan Bioetanol

Teknik produksi etanol dari sagu hampir sama dengan tanaman lain. Pati terlebih dahulu diubah menjadi gula lalu difermentasi untuk

menghasilkan etanol (Lyons 1999). Perubahan pati menjadi gula pada umumnya menggunakan kombinasi pemanasan (liquifikasi) dan enzim (sakarifikasi). Enzim tahan panas alfa-amilase dari *Bacillus strearothermophylus* dan glukoamilase dari kapang *Aspergillus* merupakan kombinasi enzim yang banyak digunakan (Kelsall dan Lyons 1999). Konversi pati sagu menjadi glukosa telah diteliti oleh Pontoh dan Low (1995). Hasilnya menunjukkan bahwa enzim alfa-amilase dan *glukoamilase* mampu mengubah pati menjadi glukosa (gula sederhana) dengan sedikit oligosakarida.

Glukosa sebagai hasil proses liquifikasi dan sakarifikasi diubah menjadi etanol melalui proses fermentasi menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Ishizaki (2007) melaporkan pembuatan bioetanol dari pati sagu dengan menggunakan *Zymomonas mobilis*. Mikroorganisme (bakteri dan fungi) lain yang dapat digunakan untuk fermentasi pati sagu menjadi alkohol adalah bakteri *Clostridium acetobutylicum, Klebsiella pnemoniae, Leuconoctoc mesenteroides, Sarcina ventriculi,* dan *Zymomonas mobilis*. Sementara yang dari golongan fungi adalah *Aspergillus oryzae, Endomyces lactis, Kloeckera* sp., *Kluyreromyces fragilis, Mucor* sp., *Neurospora crassa, Rhizopus* sp., *Saccharomyces beticus, S. cerevisiae, S. ellipsoideus, S. oviformis, S. saki,* dan *Torula* sp. Tahapan proses pengolahan pati sagu menjadi alkohol diuraikan berikut ini.

1. Penghancuran Empulur Sagu

Pengolahan etanol sagu diawali dengan pemilihan pohon sagu layak panen dan bila memungkinkan dipilih pohon sagu yang tidak berduri karena kadar karbohidratnya tinggi (51–53%). Selanjutnya empulur sagu dihancurkan dengan menggunakan mesin penghancur empulur. Proses pengolahan pati sagu ini telah diuraikan di bagian sebelumnya. Serat dan bahan selulosa dikeluarkan sehingga yang tinggal adalah patinya.

2. Pemanasan/Liquifikasi

Semua jenis pati dari alam berbentuk granula yang tidak larut dalam air. Granula pati ini tidak dapat atau sulit dihancurkan oleh enzim. Itulah sebabnya pati harus dihancurkan dahulu dengan cara dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 5, kemudian dipanaskan pada suhu 60–80°C hingga terjadi gelatinisasi. Gel yang terbentuk dari hasil pemanasan pati bersifat padat. Gel ini kemudian dihancurkan dengan menggunakan enzim tahan panas *alfa amilase* dari *Bacillus stearothermophylus*. Enzim ini dapat tahan sampai suhu di atas titik didih (107°C). Dalam proses ini pati akan dikonversi menjadi dekstrin.

3. Sakarifikasi

Pada tahap sakarifikasi, dekstrin hasil liquifikasi diubah menjadi gula sederhana atau glukosa melalui proses hidrolisis oleh enzim glukoamilase. Enzim ini biasanya berasal dari kapang *Aspergillus* sp. Untuk mengonversi seluruh dekstrin menjadi glukosa dibutuhkan waktu 3 hari pada suhu 30–50°C.

4. Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Setelah proses sakarifikasi, hasilnya didinginkan sampai suhu 28–30°C, kemudian dimasukkan ke fermentor untuk difermentasi menggunakan ragi *S. cerevisiae*. Proses fermentasi dapat dilakukan bersamaan dengan proses sakarifikasi yang biasanya berlangsung selama 56–72 jam.

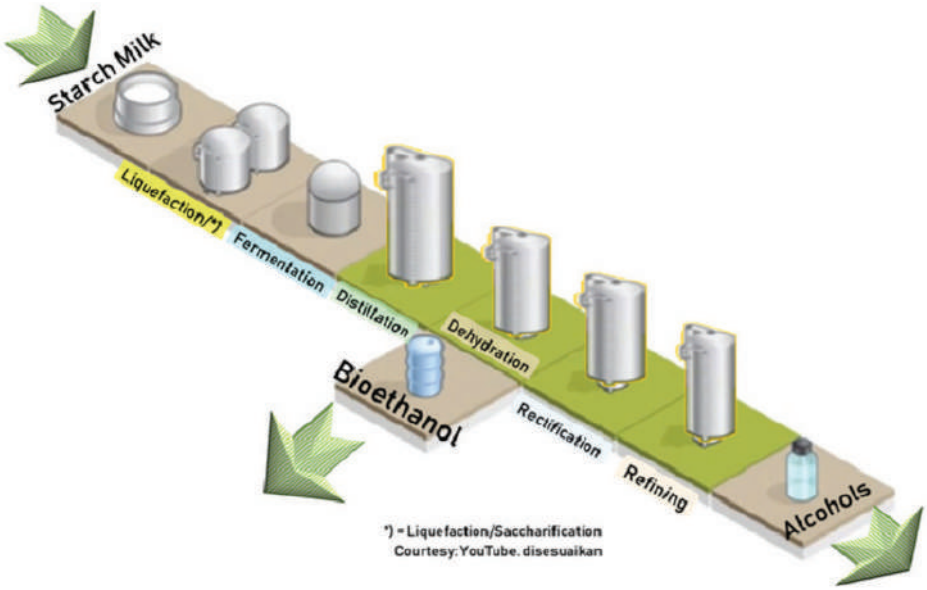
5. Destilasi

Etanol yang dihasilkan dari fermentasi masih tercampur dengan berbagai bahan lain, termasuk sisa ragi dan produk samping seperti

gliserol. Oleh karena itu, bahan-bahan tersebut perlu dipisahkan. Pemisahan dapat dilakukan dengan menguapkan etanol melalui proses pemanasan. Proses ini disebut destilasi. Destilasi bertujuan untuk meningkatkan kadar etanol. Destilasi dilakukan dengan sistem kontinu. Tahap pertama akan menghasilkan etanol dengan kadar 50–60%, dan pada tahap kedua dapat dilakukan proses destilasi-dehidrasi menggunakan alat destilator dehidrator sistem sinambung yang menghasilkan etanol 90-95%.

6. Dehidrasi

Dehidrasi dimaksudkan untuk menghilangkan air dari etanol 95% sehingga dapat dihasilkan etanol 99,9% yang dapat langsung ditambahkan pada bahan bakar premium (bensin). Untuk mendapatkan etanol absolut dilakukan dengan menggunakan cara kimia dan cara fisik. Cara kimia yaitu dengan menggunakan batu gamping. Cara ini cocok digunakan untuk skala rumah tangga. Batu gamping dihancurkan kemudian direndam dengan etanol selama 24 jam dengan sesekali diaduk (Bustaman 2008). Sementara cara fisik yaitu dengan menggunakan saringan molekul yang dapat menyerap molekul air, tetapi tidak menyerap molekul etanol. Uap etanol 95% dilewatkan pada tabung yang berisi saringan molekul yang mengikat air. Dengan demikian uap yang keluar adalah etanol 99,9% (Pontoh 2007). Proses pembuatan bioetanol ini mudah dilaksanakan, murah, dan ramah lingkungan sehingga dapat dilakukan oleh kelompok tani di pedesaan. Alur proses pembuatan bioetanol dari aneka pati dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10.Alur proses produksi bioetanol dari aneka pati

B. Industri Lainnya

Pati sagu dapat digunakan dalam ransum pakan ternak. Sementara pati sagu dalam bentuk pati termodifikasi digunakan sebagai pengisi (*filler*) dalam industri farmasi dan juga sebagai pengganti hidroksimetil selulosa untuk mengontrol kehilangan cairan pada industri petroleum. Selain itu, masih banyak lagi industri yang menggunakan pati sagu sebagai bahan baku.

Teknologi untuk memperkuat dan memperbaiki karakter pati dari tanaman lain sudah lama dikenal dan digunakan. Teknologi tersebut dapat disesuaikan untuk memperbaiki karakter pati sagu. Teknik untuk memodifikasi karakter pati sagu yang dapat digunakan antara lain *cross-linking*, *hydroxypropylation*, *phosphorylation*, *succinoylation*, *carboxymethylation*, *cationization*, dan modifikasi enzim. Dengan demikian, penggunaan pati sagu dapat meluas ke berbagai cabang industri, terutama sebagai penebal (*thickener*), penstabil (*stabilizer*), dan pengatur tekstur (*texturizer*).

C. Ampas Sagu Sebagai Protein Sel Tunggal

Pemanfaatan ampas sagu masih terbatas, biasanya hanya dibuang begitu saja ke sungai atau ke penampungan yang ada di daerah sentra susu. Oleh karena itu, ampas sagu berpotensi mencemari lingkungan (La Teng 2010). Ampas sagu dapat dibuat menjadi protein sel tunggal (PST). PST juga dapat diperoleh dari proses fermentasi semipadat dengan bahan dasar yang berbeda-beda. Bahan dasar sebagai sumber karbon dan energi di antaranya adalah pati, limbah cairan jeruk, limbah cairan sulfit, molases, kotoran ternak, dan dadih (Isaelidis 2001). Waktu fermentasi sekitar 3 hari pada suhu kamar. Metode ini dapat meningkatkan kadar protein ampas sagu dari 2,19% menjadi 17,93%, dihitung sebagai bahan kering (La Teng 2010).

PST sebagai sumber protein bagi manusia masih sulit untuk diterima karena bau, rasa, dan warnanya belum sesuai dengan selera, kandungan asam nukleatnya cukup tinggi, dan dinding selnya keras. Oleh karena itu, PST lebih tepat dimanfaatkan sebagai sumber protein bagi ternak (Hariyum 1986). PST memiliki kandungan nutrien yang hampir sama dengan tepung ikan. PST memiliki kelemahan, yaitu defisiensi asam amino bersulfur (metionin dan sistein), tetapi keunggulannya tinggi kandungan lisin.

Dilihat dari kandungan nutriennya, PST dapat digunakan sebagai substitusi tepung ikan dalam ransum unggas (La Teng 2010). Hasil penelitian Ulfah dan Bamualim (2002) menunjukkan bahwa ampas sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti (substitusi) dalam ransum ayam buras.

Untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan, ampas sagu terlebih dahulu disortasi untuk memisahkan kotoran dan benda asing lainnya, selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan

mesin penggiling. Hasil gilingan ditambah air dengan perbandingan ampas sagu dan air 2 : 1, sehingga membentuk bubur. Bubur ampas sagu diturunkan pH-nya sampai 1,5 dengan menambahkan HCl 4 N untuk persiapan hidrolisis.

Proses hidrolisis dilakukan di dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit. Setelah didinginkan, pH-nya kembali dinaikkan sampai 4,5 dengan menambahkan $NaHC0_3$ 10%. Untuk memperkaya bubur yang telah dihidrolisis menjadi media produksi, perlu ditambahkan mineral-mineral nutrien 10 ml per kg bubur (La Teng 2010).

D. Tantangan dan Prospek Pemanfaatan Pati Sagu dalam Industri

Penggunaan pati sagu dalam industri sudah menjadi kenyataan. Namun, perluasan penggunaannya masih menghadapi beberapa tantangan. Bujang et al. (1998) menyatakan bahwa penggunaan tepung pati sagu sebagai komoditas komersial utama terhalangi oleh volume produksinya yang rendah, kualitas yang rendah, dan cara pengolahan yang tidak efisien, misalnya, persentase pati yang tersisa pada limbah masih tinggi, selain menghasilkan polutan yang dapat mencemarkan lingkungan. Di tambah lagi kurangnya strategi menyeluruh untuk mempromosikan pati sagu dibandingkan dengan promosi tapioka dan ubi lainnya, yang telah sejak lama dipromosikan untuk mendukung ketahanan pangan (Chulavatnatol 2002).

Jong (2005) menyatakan permasalahan utama yang menghambat pengembangan industri sagu sebagai berikut:

1). Adanya keraguan konsumen untuk menggunakan pati sagu, terutama karena pasokannya yang terbatas dan tidak konsisten.

2). Lambatnya perluasan perkebunan sagu atau pabrik pengolahan pati sagu karena keterbatasan anggaran, kecocokan lahan, masa masak panen yang panjang (hingga 10 tahun), kurangnya pengetahuan tentang tanaman sagu, dan ketidakpastian pasar internasional pati sagu.

Panjangnya masa pertumbuhan tanaman sagu dalam mencapai matang panen juga menjadi penghambat pengembangan industri sagu (Chulavatnatol 2002), sementara tanaman pati lain seperti kentang dan ubi kayu bisa masak lebih cepat (berapa di antaranya bisa panen dalam waktu 6 bulan). Hal itu mengurangi daya tarik pohon sagu sebagai alternatif sumber pati, khususnya ketika kebutuhan pati dunia sudah dapat dipenuhi dari tanaman lain.

Jong (2005) menyarankan beberapa strategi untuk mempercepat pengembangan industri perkebunan dan pengolahan pati sagu, di antaranya:

1. Melakukan kerja sama antara konsumen dan produsen untuk memperluas produksi pati sagu demi keuntungan bersama.
2. Memprioritaskan sagu sebagai program nasional atau regional dengan memberikan bantuan modal, memfasilitasi penyediaan lahan atau pengambilalihan konsesi lahan, dan bantuan lain yang diperlukan lainnya.
3. Merehabilitasi kawasan hutan alam sagu secara selektif menjadi perkebunan sagu lestari, khususnya di Papua.
4. Melakukan kerja sama dengan perusahaan-perusahaan energi, produsen mobil, dan perusahaan 'penghasil' karbon dioksida" di seluruh dunia, untuk berinvestasi dalam perkebunan sagu atau 'membeli' kemampuan pohon sagu dalam menyerap CO_2 dari perkebunan sagu.

Persoalan kualitas pati sagu menjadi pertimbangan ketika akan diekspor atau dipasarkan ke perusahaan pengolahan pangan skala besar. Warna pati sagu merupakan masalah utama, selain beberapa faktor mutu lain misalnya tingginya kandungan serat, kadar air yang beragam, dan karakter pasta tidak seragam (Oates dan Hicks 2002). Oleh karena itu, para pengolah empulur sagu harus dididik untuk memperbaiki warna pati sagu agar memenuhi standar yang diinginkan konsumen. Sementara Chulavatnatol (2002) mengatakan perlunya memberikan perhatian pada masalah pencemaran dari kilang pengolahan sagu dan perendaman batang sagu dalam waktu lama, sehingga menyebabkan terjadinya pembusukan pati oleh mikroba dan penurunan kualitas. Perlu pula memperbaiki penanganan dan pengolahan pati sagu dengan standar kualitas tinggi dan konsisten.

Hutan sagu berjasa sebagai penekan karbon dioksida, sama seperti hutan hujan tropis, sehingga mendukung perlambatan laju pemanasan global. Pohon sagu toleran terhadap pH rendah, kandungan Al, Fe dan Mn tinggi dalam tanah, tanah salin, dan tanah liat yang kedap air. Karena itu pohon sagu dapat dibudidayakan di lahan basah terbengkalai dan rawa gambut untuk meningkatkan hasil pertanian. Di kawasan Asia dan Pasifik terdapat sekitar 20 juta hektare lahan gambut/rawa yang cocok untuk budi daya sagu, tetapi lahan itu kebanyakan terlantar dan tidak termanfaatkan sepenuhnya (Quat Ng 2007).

Quat Ng (2007) memahami terdapat banyak hambatan dan tantangan dalam penggunaan pati sagu secara kompetitif dan lestari. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah strategis untuk mendukung pengembangan tanaman sagu, di antaranya:

1. Menginventarisasi secara akurat luas area yang cocok untuk budi daya pohon sagu dan tipe tanaman sagu yang sesuai.

2. Mengidentifikasi, mengembangkan, dan menyebarluaskan cara-cara pengelolaan kebun sagu secara lestari untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan dengan gangguan minimal terhadap lingkungan.
3. Memperbaiki cara ektraksi empulur dan pati untuk mengurangi kehilangan hasil pada waktu panen dan pengolahan.
4. Membangun dan mengembangkan pabrik pengolahan untuk menghasilkan pati sagu berkualitas, memproduksi produk bernilai tambah, dan perlakuan air limbah pengolahan.
5. Membuat standar mutu pati sagu untuk memperluas pemasaran dan penggunaannya.
6. Melakukan seleksi untuk memperoleh varietas dengan keunggulan cepat tumbuh, genjah (dapat dipanen lebih cepat), dan berdaya hasil tinggi.
7. Perbaikan genetik melalui pemuliaan dan seleksi secara konvensional maupun dengan teknik bioteknologi.
8. Perbaikan cara perbanyakan tanaman, termasuk kultur jaringan untuk produksi massal genotipe terpilih sebagai benih.
9. Perluasan perkebunan sagu, pengujian bahan genetik terpilih, dan pelestarian sumber daya genetik tanaman sagu.
10. Perbaikan infrastruktur dan sarana transportasi untuk pemasaran karena lokasi area sagu umumnya kesulitan dalam akses ke jalan raya atau pasar.
11. Membangun kerja sama antara peneliti, institusi, perguruan tinggi, lembaga pemerintah dan nonpemerintah untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman dalam pengembangan sagu.

Diversifikasi penggunaan produk dan menemukan relung (*niche*) pemanfaatan pati sagu merupakan upaya lain untuk meningkatkan permintaan pati sagu. Misalnya, keberadaan molekul fenolik dalam tepung sagu membuka kesempatan untuk memproduksi pati dengan indeks glikemik rendah dan mengandung antioksidan alami. Berkembangnya produk pati baru, khususnya industri hilir dan industri nonpangan seperti plastik alami dan bioetanol, berpeluang meningkatkan permintaan pati pada masa mendatang. Hal ini dapat menjadi pendorong untuk mengembangkan sagu sebagai salah satu tanaman utama penghasil pati (Jong 2002).

BAB IX
KUALITAS PATI SAGU

Pati sagu mengandung 27% amilosa dan 73% amilopektin (Ito et al. 1979), tetapi Kawabata et al. (1984) menyebut kandungan amilosa pati sagu 21,7%. Hal ini mengindikasikan terjadinya perubahan sifat keturunan dalam kandungan amilosa. Kawabata et al. (1984) juga melaporkan ukuran butiran pati sagu berkisar 16,0–25,4 μm, tetapi Jong (1995) mendapati rata-rata panjang ukuran butiran pati sagu hampir dua kali lipat, yaitu 40 μm. Perbedaan itu terjadi karena ukuran butiran pati sagu meningkat dengan bertambahnya umur tanaman sampai keluarnya bunga.

Dalam *Codex Alimentarius (Food Code)*, kumpulan standar mutu internasional terkait makanan, produksi makanan dan keamanan makanan, yang dikelola oleh Komisi Codex Alimentarius (Lembaga yang dibentuk oleh FAO dan WHO), standar mutu regional untuk bahan pangan tepung sagu (*edible sago flour*) tercatat dengan nomor Codex Stan 301R-2011. Ruang lingkup standar kualitas ini adalah produk yang diolah dari empulur (*pith*) pohon sagu (*Metroxylon* sp.) dengan cara mekanis (ditumbuk, diparut, digiling) diikuti dengan perendaman, pengendapan, dan

pengeringan. Standar kualitas ini tidak berlaku untuk produk yang diperoleh dari umbi singkong (tapioka) yang di beberapa daerah disebut sebagai tepung sagu.

Ketentuan lain yang tercantum dalam Codex Stan 301R-2011 adalah sebagai berikut:

1. Nama produk. Nama produk yang harus tercantum pada kemasan untuk dijual eceran adalah "Bahan Makanan Tepung Sagu" atau "*Edible Sago Flour*"
2. Komposisi utama dan kualitas

   Kriteria umum:

   a. Bebas dari rasa dan bau bahan asing.
   b. Bebas dari cemaran (kotoran hewan, termasuk serangga mati) dan benda asing lainnya.

   Kriteria khusus:

a. Kadar air	: 13% m/m maksimum
b. Abu dari benda asing anorganik	: 0,5% m/m maksimum
c. Keasaman (mg KOH/100 g)	: 220 maksimum
d. Kandungan pati	: 65% m/m minimum
e. Serat kasar	: 0,1% m/m maksimum
f. Ukuran butiran	: tidak kurang dari 95% tepung lewat saringan 100 mesh
g. Warna	: putih sampai cokelat terang

3. Bahan tambahan makanan (*food additives*). Bahan-bahan yang digunakan untuk perlakuan tepung sesuai Standar Umum Codex untuk Bahan Tambahan Makanan (CODEX STAN 192-1995) kategori 06.2.1, yaitu "tepung" dapat digunakan sesuai dengan standar.
4. Cemaran (kontaminan). Produk harus memenuhi ketentuan Standar Umum Codex tentang Cemaran dan Bahan Beracun pada Makanan yang tercantum pada CODEX/STAN 193-1995.

Ada 12 dari 16 bahan tambahan makanan yang diizinkan dan diadopsi pada tahun 2019 untuk ditambahkan pada kategori makanan 06.2.1. yang tergolong tepung, termasuk tepung sagu. Bahan tambahan makanan yg paling lama diadopsi Codex (tahun 1999) adalah Protease Aspergillus Oryzae Var., yang fungsinya sebagai penguat cita rasa (*flavour enhancer*), agen perlakuan tepung (*flour treatment agent*), dan penstabil (*stabilizer*). Bahan tambahan makanan yang selanjutnya diadopsi Codex (tahun 2014) sebagai bahan tambahan yang dapat diterima untuk dicampur dalam tepung untuk bahan pangan adalah lesitin (antioksidan, pengemulsi), pullulan (*glazing agent*, *thickener*), dan natrium askorbat (antioksidan). Terdapat 14 jenis tepung yang termasuk dalam kategori makanan 06.2.1. dalam Codex Stan 301R-2011, yaitu:

- tepung gandum durum,
- tepung yang dapat mengembang sendiri,
- tepung yang diperkaya nutrisi,
- tepung instan,
- tepung jagung,
- tepung jagung kasar,
- tepung kulit ari (*bran*),
- tepung gandum (*farina*),
- tepung kedelai panggang (kinako),
- tepung konjac (konnayaku-ko),
- tepung gandum yang dihaluskan kembali (*refined*),
- tepung sagu (standar regional),
- tepung sorgum, dan
- tepung singkong

Bahan tambahan makanan yang diizinkan untuk makanan kategori tepung, termasuk tepung sagu, mempunyai fungsi sebagai pengatur keasaman, antioksidan, *bleaching agent*, pengemulsi, *firming agent*, *emulsifying salt*, *foaming agent*, *flavour enhancer*,

flour treatment agent, *glazing agent*, *humectant*, *preservative*, *raising agent*, *sequestrant*, *stabilizer*, dan *thickener*. Setiap bahan tambahan mempunyai satu atau beberapa fungsi sekaligus. Bahan tambahan makanan untuk tepung pada Food Category No. 06.2.1 diuraikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Bahan tambahan pangan yang diizinkan dalam Food Category 06.2.1

Bahan Tambahan	International Numbering System (INS)	Tahun Adopsi	Kandungan maks (mg/g)	Catatan
Asam askorbat	300	2019	300	472
Azodicarbonamide	927a	2019	45	467
Benzoyl peroxide	928	2019	75	468
Kalsium sulfat	516	2019	GMP	57
Chlorine	925	2019	2.500	87, 471
Lesitin	322(i)	2014	GMP	25 & 28
Fosfat	338; 339(i)-(iii); 340(i)(iii); 341(i)-(iii); 342(i)(ii); 343(i)-(iii); 450(i)(iii), (v)-(vii), (ix); 451(i), (ii); 452(i)-(v); 542 mg/kg	2019	2.500	33, 225, 469
Protease dari *Aspergillus oryzae*	1101(i)	1999	GMP	-
Pullulan	1204	2014	GMP	25 & XS152
Kalium aluminium fosfat	541(i), (ii)	2019	1.600	6, 252, XS152
Kalium askorbat	301	2014	300	-
Stearoyl Lactylates	481(i), 482(i)	2019	5.000	186 & XS152
Sulfit	220-225, 539	2019	200	44, 470
Tartrat	334, 335(ii), 337	2019	5.000	45, 186 & XS152
Tokotherol	307a, b, c	2019	5.000	15, 186 & XS152
Trinatrium sitrat	331(iii)	2019	GMP	25 & XS152

Keterangan: *) = Nomor catatan dalam buku Codex

Tepung sagu dengan kadar air 14,8% mengandung protein 1,9%, lemak 0,3%, karbohidrat 91,9%, serat kasar 1,7%, dan abu 4,2%. Komposisi kimia tepung sagu bervariasi. Variasi tersebut tidak banyak dipengaruhi oleh spesies, umur, dan habitat sagu tumbuh. Faktor utama yang memengaruhi variasi tersebut adalah cara pengolahan, metode analisis, dan faktor konversi.

Dalam industri pati modern, pati dapat dimodifikasi untuk memperbaiki dan menyesuaikan sifat-sifatnya dengan kebutuhan. Bila mampu menyediakan pati dengan harga murah, bersih dan tidak rusak, pati sagu akan kompetitif dengan pati dari bahan lain, bahkan untuk beberapa tujuan, pati sagu bahkan lebih disukai.

Untuk keperluan industri, empulur sagu harus dalam kondisi segar dan diproses secepatnya. Penundaan pemrosesan menyebabkan pati berwarna kecokelatan atau kualitasnya rendah. Karena itu, penggunaan pati sagu untuk industri masih terbatas. Pati sagu berkualitas rendah dapat digunakan untuk memproduksi sirop karena tidak bergantung pada sifat bahan alami patinya.

Mutu pati sagu ditentukan oleh banyak faktor, antara lain ukuran, bentuk, warna, aroma, dan rasa. Agar pati sagu meluas penggunaannya dalam diversifikasi pola makan, Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor SNI 01-3729-1995 tentang Standar Mutu Pati Sagu. Dalam SNI tersebut syarat mutu yang ditetapkan meliputi kadar air, kadar abu, kadar serat kasar, derajad asam, kadar SO_2, kandungan pati selain sagu, kehalusan pati, dan kandungan bakteri (Tabel 8).

Tabel 8. Syarat mutu pati sagu menurut SNI 01-3729-1995

Karakteristik	Satuan	Kriteria	
		Maks/Min	Nilai
Kadar air	% (b/b)	Maksimum	13
Kadar abu	% (b/b)	Maksimum	0.5
Kadar serat kasar	% (b/b)	Maksimum	0.1
Derajat asam	ml NaOH 1 N/100 g	Maksimum	4
Kadar SO_2	mg/kg	Maksimum	30
Jenis pati lain selain pati sagu	-	Tidak boleh ada	0
Kehalusan (lolos ayakan 100 mesh)	% (b/b)	Minimum	95
Total Plate Count	koloni/g	Maksimum	10^6

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1995)

Pada tahun 2008, standar mutu tepung sagu disempurnakan agar lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen dan industri. SNI 01-3729-1995 belum mensyaratkan nilai derajat putih dan tingkat kekentalan (viskositas) pasta pati sagu, begitu pula standar ukuran partikel pati sagu masih kurang halus (minimum 95% partikel lolos ayakan 100 mesh). Standar Malaysia mensyaratkan lebih tinggi, yaitu minimum 99% partikel lolos ayakan 125 atau 100 mesh, dan standar perdagangan internasional mensyaratkan lebih tinggi lagi, yaitu >95% partikel lolos ayakan 200 mesh. Dengan penyempurnaan standar tersebut, kualitas pati sagu Indonesia dapat bersaing di pasar dunia. Pencantuman nilai warna, pH, kadar protein, dan tingkat kekentalan sebagai atribut mutu dalam SNI pati sagu memerlukan penelitian lanjutan yang lebih komprehensif syarat mutu pati sagu sesuai SNI 3729-2008 disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Syarat Mutu Pati Sagu SNI 3729-2008

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan: Bentuk		Serbuk halus
Bau	-	normal (bebas dari bau asing)
Warna	-	putih khas sagu
Rasa	-	normal
Benda Asing	-	tidak ada
Serangga (dalam segala bentuk stadia dan potongan-potongannya)	-	tidak ada
Jenis pati lain selain pati sagu		tidak ada
Kehalusan, lolos ayakan 100 mesh (b/b)	%	min. 95
Kadar Air (b/b)	%	maks.13
Kadar Abu (b/b)	%	maks.0.5
Kadar Pati	%	min. 65
Kadar Serat Kasar (b/b)	%	maks. 0,5
Derajat Asam	ml NaOH 1N/100 g	maks. 4
Residu	SO_2 mg/kg	maks. 30
Cemaran logam		
Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 1.00
Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 10.0
Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,05
Cemaran Arsen (As)	mg/kg	maks. 0,50
Cemaran mikroba		
Angka lempeng total	koloni/g	maks. 10^6
E. coli	AMP/g	maks. 10
Kapang	koloni/g	maks. 10^4

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2008)

Kandungan protein pati sagu sangat rendah, hanya 1%. Oleh karena itu, apabila sagu dikonsumsi sebagai makanan pokok, perlu ditambah sejumlah protein untuk memperbaiki nilai gizinya. Komposisi kimia dalam setiap 100 gram pati sagu dibandingkan dengan pati ubi kayu (tapioka) dan garut disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan komposisi pati sagu, tapioka, dan pati garut/100 g

Komponen	Tapioka	Pati garut	Pati sagu
Kalori (kal)	362	355	353
Protein (g)	0.5	0.7	0.7
Lemak (g)	0.3	0.2	0.2
Karbohidrat (g)	86.9	85.2	84.7
Air (g)	12.0	13.6	14.0
Fosfor (mg)	-	22	13
Kalsium (mg)	-	8	11
Besi (mg)	-	1.5	1.5

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1979)

Komponen utama tepung sagu adalah karbohidrat, berkisar 91-95% dari bahan kering, lebih tinggi dibandingkan dengan beras merah (75%) dan jagung (60%) (Tabel 13). Kandungan vitamin dalam sagu juga sangat kurang, terutama vitamin A, B, dan C (Tirta et al. 2013). Apabila sagu, beras merah, dan jagung (kadar air sama 14%) dikonsumsi sebanyak 500 g/hari maka protein yang diperoleh dari sagu hanya 3,5 g, sementara protein dari beras merah 33,6 g dan dari jagung hampir 45 g.

Tabel 11. Nilai gizi sagu dan beberapa bahan pangan sumber karbohidrat per 100 g bahan, kadar air 14%.

Bahan pangan	Kalori (kal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)
Sagu	343,00	0,70	0,20	84,70
Beras (merah) giling	344,99	6,72	0,69	77,99
Kentang	329,28	7,75	0,39	73,99
Tepung Jagung	358,66	8,99	3,81	72,03
Ubi kayu	334,83	2,75	0,69	79,58
Sukun	185,53	1,93	0,39	43,68
Gembili	333,68	5,16	0,34	77,06
Ubi jalar	341,27	4,91	1,91	76,17

Sumber: Kam (1992) dalam Tirta et al. (2013).

Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula (butiran), ukuran, dan letak hilum yang berbeda-beda. Bentuk granula pati sagu sangat khas. Ukurannya lebih besar daripada granula pati lainnya, yaitu 15–65 μm, yang umum 20–60 μm. Bentuk granulanya oval (bulat telur). Letak hilum granula pati sagu tidak terpusat dan bidang polarisasinya membentuk garis bersilangan secara tidak beraturan. Pati sagu mulai mengalami gelatinisasi pada suhu 72°C dan berakhir pada suhu 76°C.

A. Daya Cerna Pati Sagu

Daya cerna pati sagu dalam bentuk butiran telah dipelajari oleh beberapa peneliti (Monma et al. 1989; Haska dan Ohta 1991, Gorinstein et al. 1994; Wang et al. 1995; Oates 1997). Hasta dan Ohta (1992) mendapati bahwa pati sagu lebih tahan terhadap enzim dibanding pati dari sereal. Sementara Sriwuchongand et al. (2005) dapat menghidrolisis butiran-butiran pati sagu sampai 44,6% setelah 72 jam. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara umum, pati sagu tahan terhadap pencernaan mikroba dan enzim. Keunggulan ini dapat dimanfaatkan dalam memproduksi bahan kemasan yang dapat berurai secara alami (*biodegradable*). Daya cerna pati sagu yang rendah dapat mengurangi kekhawatiran bahwa bahan ini akan terurai ketika sedang dipakai (*life in use*) atau dalam masa pakainya (*useful life*).

Pati resisten (*resistant starch*/RS) adalah pati dan produk uraian dari pati yang tidak diserap usus kecil pada orang sehat. RS terdapat dalam makanan mentah maupun yang telah dimasak. RS dibagi dalam empat kategori sebagai berikut:

a. RS1. Secara fisik terdapat dalam matriks pangan (*food matrix*) sehingga tidak dapat dijangkau oleh enzim dalam saluran pencernaan.

b. RS2. Pati mentah yang berkaitan dengan kebeningan warna.
c. RS3. Pati yang teretrogradasi (kembali menjadi butir pati) ketika struktur bening terbentuk.
d. RS4. Pati yang dimodifikasi secara kimia (termasuk yang bertautan silang); pati 2–4. RS4 merupakan pati yang paling resisten dibanding yang lain ketika diperlakukan dengan enzim yang tepat.

Penggunaan pati sagu untuk hidrolisis pada industri, seperti pada pembuatan maltodekstrin, sirup glukosa, dan sirup tinggi fruktosa, dibatasi oleh resistensi butir-butir pati terhadap enzim dan pasta kentalnya. Kajian untuk memperbaiki tingkat sakarifikasi pati sagu menggunakan proses pemampatan pernah dilakukan oleh Govindasamy et al. (1997).

B. Permasalahan Kualitas Pati Sagu

Peningkatan pasar ekspor pati sagu perlu dibarengi dengan memperbaiki kualitasnya. Variasi kualitas pati sagu mungkin tidak menjadi masalah bagi penggunaan secara tradisional, tetapi untuk beberapa industri hal itu sangat diperhatikan. Beberapa masalah kualitas pati sagu adalah kekentalan (viskositas) yang tidak konsisten (atau sifat-sifat adonan yang beragam), kadar air yang beragam, bau benda asing, kekentalan pasta rendah, kandungan serat tinggi, dan warna kusam.

Kualitas pati sagu bergantung pada beberapa faktor, antara lain bahan mentah, cara dan lama pengangkutan, pasokan dan kualitas air ekstraksi, serta metode dan proses ekstraksi/pemurnian pati. Inskonsistensi bahan baku menjadi penyebab rendahnya mutu pati yang dihasilkan, sementara penanganan dan proses pascapanen secara tradisional menyebabkan hasil ekstraksi beragam (Ahmad et al. 1999). Kualitas bahan baku berkaitan dengan umur tebang

dan kesegaran empulur (Fujii et al. 1986). Empulur dari pohon sagu matang panen menghasilkan pati berkualitas tinggi. Sementara empulur yang belum matang panen, kualitasnya rendah dan cenderung berwarna cokelat.

Warna kecokelatan pada empulur berkaitan dengan aktivitas enzim (Okamoto et al. 1991; Anthonysamy et al. 2004). Ozawa dan Arai (1986) dan Ozawa et al. (1991) menyatakan, molekul DL-*epicathechin* and D-*catechin* juga menyebabkan terjadinya warna kecokelatan. Keberadaan molekul-molekul polifenol itu dan aktivitas enzim polifenol oksidase dapat menyebabkan kerusakan warna pati sagu. Anthonysamy et al. (2004) melaporkan bahwa jumlah (+)-*cathechin* and (-)-*epicathechin* teroksidasi bertambah dengan meningkatnya pH, khususnya pada pH di atas 4,5.

Aktivitas enzim akan terpicu lebih lanjut bila molekul-molekul polifenol berinteraksi dengan ion besi dan ion tembaga yang terdapat dalam air yang digunakan saat proses ekstraksi. Jumlah (+)-*cathechin* and (-)-*epicathechin* teroksidasi juga bertambah dengan meningkatnya suhu di atas 30° C (Anthonysamy et al. 2004). Pengolahan ulang atau pencucian pati yang telah berubah warna tidak dapat menghasilkan pati yang berkualitas.

Warna pati dapat diperbaiki ke tingkat tertentu melalui proses pemutihan menggunakan bisulfit. Namun, pati sagu yang telah diputihkan dengan bahan kimia cenderung berubah warna bila disimpan dalam jangka waktu lama (Abdullah et al. 2002). Pemutihan alami dapat pula menggunakan enzim dari ekstrak jamur *Curvullaria* spp. (Abdullah et al. 2002). Kombinasi dari *laccase* dan *peroxidase* yang terdapat dalam enzim tersebut dapat menghasilkan pati yang lebih putih (skala warna Hunter Lab) dan relatif lebih stabil daripada menggunakan bisulfit. Aksi kombinasi sinergis dari laccase dan peroxidase menghidrolisis cairan fenol

yang bertanggung jawab terhadap warna kecokelatan sehingga menghambat perubahan warna pati sagu.

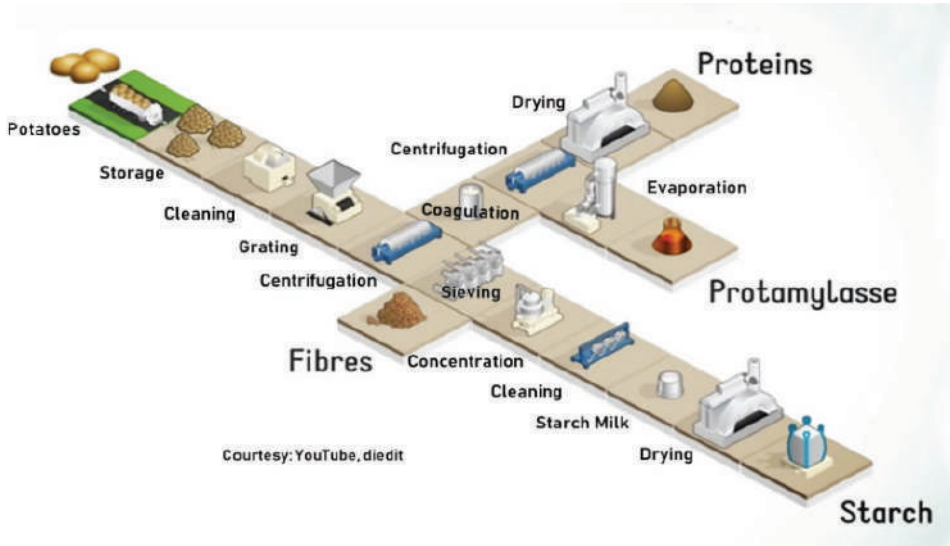
Sriroth et al. (2002) melaporkan potensi perlakuan ozon untuk memutihkan pati sagu. Perlakuan ozon mengubah beberapa karakter pati sagu. Perlakuan pada dosis rendah (<40 mg O_3/g pati kering) menghasilkan pati sagu yang lebih putih. Pada dosis yang lebih tinggi 120 mg O_3/g pati kering, pati menjadi pati teroksidasi dengan kekentalan rendah. Dengan demikian, ozon dapat menjadii bahan pemutih sekaligus bahan pengoksidasi dalam pengolahan pati sagu.

Penggunaan 700 ppm sodium metabisulfit dalam air pengolahan membantu memperlambat aktivitas mikroba selama ekstraksi. Pengguaan air bersih bebas dari logam berat seperti besi dan tembaga juga mengurangi pembentukan sementara polifenol selama proses ekstraksi. Kualitas pati sagu juga diukur melalui perubahan bentuk dan aliran. Kualitas pati sagu berkualitas baik memiliki kekentalan tinggi selama proses gelatinisasi. Kekentalan rendah merupakan indikasi terjadinya hidrolisis enzim pada pecahan-pecahan pati. Kerusakan karena terurainya permukaan partikel pati membuat pati tidak dapat mengembang normal (Azudin dan Lim 1991).

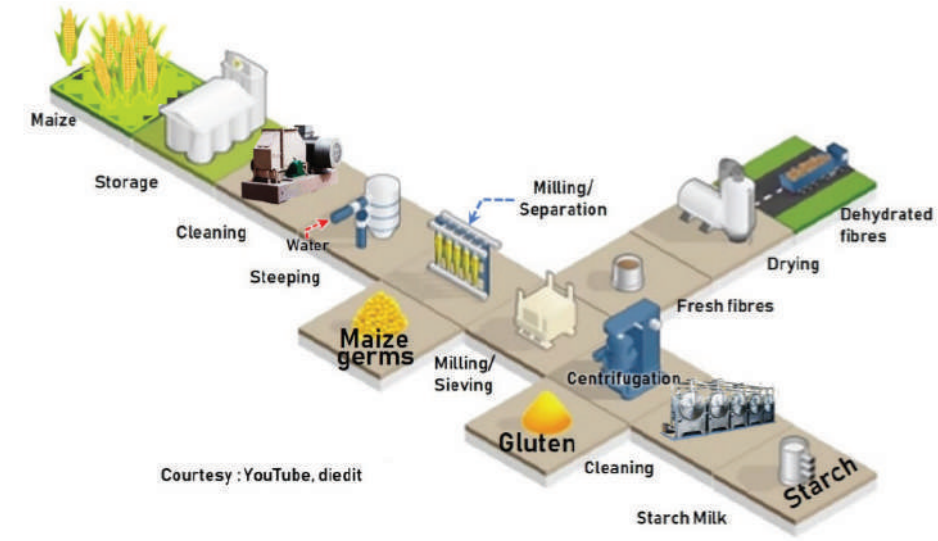
Tingkat kematangan, lokasi pati di bagian batang, dan kondisi pertumbuhan (tipe tanah) mempengaruhi sifat fisik-kimia dan fungsional pati sagu. Misalnya, kandungan amilosa meningkat 23- 27% ketika pohon berumur melewati tingkat Angau Tua, dan kandungan pati di batas bagian bawah lebih tinggi dibanding di bagian atas (Hamanishi et al. 2000; Tie 2004). Hamanishi et al (1999, 2000) melaporkan bahwa tingkat kebeningan pati lebih tinggi pada pohon berusia 14,5 tahun dibanding yang berumur 9,0 tahun, dan kandungan pati batang bagian atas lebih rendah daripada

batang bagian bawah. Pati dari batang bagian bawah mengalami awal gelatinisasi pada suhu yang lebih rendah dibanding pati dari batang bagian atas (Hamanishi et al. 2000). Nozaki et al. (2004) melaporkan pati dari pohon sagu yang tumbuh di lahan gambut mempunyai butiran-butiran yang lebih besar dan lebih banyak aktivitas amilasenya dibanding pati dari pohon sagu yang ditanam di lahan mineral. Kajian-kajian di atas menunjukkan bahwa untuk memperoleh pati sagu dengan kualitas yang konsisten, berbagai faktor di atas perlu dipertimbangkan.

Gambar 11 dan Gambar 12 menggambarkan proses produksi pati jagung dan pati kentang secara modern, bila dibandingkan dengan ekstraksi pati sagu yang umumnya masih dilakukan secara tradisional.



Gambar 11. Alur proses produksi pati kentang (Sumber: Youtube, diedit)



Gambar 12. Alur proses produksi pati jagung (Sumber: Youtube, diedit)

BAB X
KARAKTERISTIK FISIK-KIMIA DAN FUNGSIONAL PATI SAGU

Salah satu sifat unik dari pati sagu adalah bentuk partikel patinya lonjong (elips) atau seperti lonceng. Partikel patinya relatif besar dengan ukuran 10–65 μm (rata-rata 35 μm), sama seperti pati ubi jalar dan kentang. Pengamatan dengan menggunakan spektometer fotoelektron sinar X dan mikroskop atom memperlihatkan bahwa struktur bagian paling luar dari permukaan partikel pati sagu memiliki banyak tonjolan, mirip struktur permukaan partikel pati kentang (Hatta et al. 2002).

Batang sagu yang telah ditebang dan direndam dalam kolam dalam jangka waktu lama sebelum patinya diekstraksi, akan mengalami kerusakan, yakni warna partikel-partikel pati menjadi kecokelatan. Perubahan itu berkaitan dengan pertumbuhan mikroba atau akibat reaksi enzim selama penyimpanan, seperti dilaporkan oleh Takahashi et al. (1981).

Untuk tingkat keputihan pati, bila plat magnesiun oksida (MgO) diatur pada posisi 100, maka pati jagung dan pati kentang masing-masing memiliki nilai 100 dan 95,3, sementara tingkat keputihan

pati sagu bernilai rendah, hanya 80,1. Beberapa kilang sagu modern telah melakukan penyempurnaan pada aspek kebersihan sehingga tingkat keputihan pati naik menjadi 83 atau lebih.

A. Kandungan Amilosa dan Amilopektin

Penentuan kandungan amilosa dengan titrasi amperometrik memperoleh nilai 24,5% pada pati sagu dan 19,7% pada pati kentang. Karena sifat fisik-kimia pati sagu bergantung pada tipe dan kondisi lingkungan, kandungan amilosa sebesar 26% mungkin sekali bisa diperoleh. Selanjutnya, fraksi Fr. II rantai panjang dalam distribusi rantai panjang amilopektin, yang diperoleh dengan cara memfiltrasi gel, Fr. III/Fr. II merupakan sifat fisik penting yang sangat mirip dengan pati singkong (Takahashi dan Hirao 1994).

B. Daya Serap dan Daya Larut

Daya serap merupakan acuan berapa gram air dapat diserap oleh 1 gram pati kering pada suhu 60–90°C, sedangkan daya larut merupakan acuan jumlah pati yang dilarutkan dalam air panas. Pati kentang memiliki daya serap tinggi, sebesar 100% dan memiliki daya larut tinggi yaitu 100% pada suhu 90°C, pati jagung mempunyai daya serap 22% dan daya larut rendah, yakni 25% pada suhu 90°C. Daya serap dan daya larut pati sagu masing-masing 40% dan 53%, atau berada di antara pati umbi akar dan pati sereal (Takahashi et al. 1995).

C. Gelatinisasi dan Retrogasi

1. Viskositas

Pada suhu 71–74°C, viskositas pati sagu mulai meningkat dengan angka maksimum berkisar 195–248 *Rapid Visco Units* (RVU). Ketika didinginkan pada suhu 50°C, viskositas finalnya berkisar 115–165 RVU. Viskositas pati sagu berada kedua paling tinggi setelah pati kentang dan mempunyai viskositas sama dengan viskositas pati

kudzu. Sebaliknya, pati gula aren menunjukkan viskositas paling rendah, mirip dengan pati gandum (Hamanishi et al. 2002).

2. Perilaku Gelatinisasi

Perubahan transmitan adonan pati ketika dipanaskan ditentukan dengan menggunakan fotopastegrafi (Hirama Scientific Machinery ART-3). Setelah menurun, transmitan naik kembali. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan terjadi karena partikel pati mulai mengembang bersama air. Suhu gelatinisasi ketika transmitan meningkat terjadi pada 56°C pada pati kentang, 58°C pada pati sagu, 64°C pada pati jagung, dan 65°C pada pati kacang hijau (Takahashi et al. 1995).

3. Derajat Gelatinisasi

Laju viskositas pati sagu dengan cepat meningkat pada suhu 70°C, yang merupakan suhu terendah setelah pati kentang. Ini membuktikan bahwa pati sagu lebih mudah berubah menjadi gel. Setelah itu, ketika suhu naik, pati sagu menunjukkan proses gelatinisasi yang lambat, mirip dengan pati jagung dan pati kacang hijau (Takahashi et al. 1983). Berdasarkan penentuan dengan *differential scanning calorimetry* (DCS) terhadap beberapa contoh pati dengan konsentrasi 30%, suhu awal mulai gelatinisasi pati sagu terjadi pada 60,4°C, sementara suhu tertinggi dan suhu akhir proses gelatinisasi sama dengan pati kentang.

4. Viskoelastisitas Dinamis Gel

Berdasarkan pengukuran viskoelastisitas statis dengan alat pengukur gerakan yang sangat lambat, yang disebut creepmeter (Yamaden Plc.), pati sagu lebih lembut dan mempunyai viskositas yang lebih tinggi daripada pati ubi jalar. Dengan pengukuran yang sama, gel pati sagu menunjukkan sifat cair (*fluidity*) yang

lebih rendah daripada gel pati kentang. Berdasarkan pengukuran viskoelastisitas dengan alat Rheolograph Gel (Toyoseiki Plc.), nilai E′ dan E″, masing-masing untuk kekerasan dan viskositas, gel pati sagu mendapat nilai paling rendah, yang artinya gel pati sagu lebih lembut daripada gel pati kentang, pati ubi jalar, dan pati jagung. Gel pati sagu memiliki elemen viskositas internal yang kuat dengan nilai tan δ (E′/E″) yang besar, berbanding terbalik dengan nilai tan δ yang kecil pada pati jagung (Takahashi and Hirao 1994).

5. Sifat Fisik Gel Pati Sagu

Pengukuran tekstur untuk kekerasan, daya menyatu, dan daya lengket dilakukan dengan menggunakan alat tensipresser (Taketomo Electric TTP-50BX). Kekerasan gel pati sagu sama dengan gel pati kentang, gula aren, dan kudzu. Segera setelah bahan disiapkan, sifat fisik gel terasa lembut, tetapi menjadi keras setelah didinginkan pada suhu 5°C selama 2 jam (Miyazaki 1999). Pendinginan membuat sifat lengketnya sangat berkurang, dan daya menyatunya, yang menunjukkan kekuatan mengikat internalnya, tidak berubah dari nilai aslinya yang tinggi (Hamanishi 2002).

6. Daya Menahan Air (Sineresis) dan Warna Putih Gel

Kembalinya bentuk gel menjadi partikel pati (retrogradasi) diikuti dengan perubahan daya menahan air dan perubahan warna putih dari gel. Gel pati kacang hijau dan gel pati jagung, yang mengandung amilosa lebih tinggi, memperlihatkan tingkat sineresis paling besar. Gel pati sagu hanya menempati posisi kedua terendah diikuti oleh gel pati kentang.

Gel pati kentang memiliki tingkat keputihan yang rendah, yang menunjukkan sedikit perubahan dibanding warna ketika bahan baru disiapkan sampai 4 jam kemudian. Gel pati sagu mempunyai warna transparan dan mengalami sedikit perubahan warna, tetapi

gel pati jagung memperlihatkan warna putih yang lebih tinggi, yang bertambah tinggi dengan berjalannya waktu (Takahashi et al. 1981). Berdasarkan hasil tersebut, keunggulan sifat pati sagu terdapat pada warna transparan, lembut, gel yang fleksibel dengan daya lengket rendah, dan daya menahan air rendah. Pati sagu mengandung amilosa seperti pati jagung, tetapi sifat fisiknya sama seperti pati kentang, ubi jalar, kudzu, dan pakis. Berdasarkan hasil ini, pati sagu dapat digunakan dalam produksi makanan yang mengandung bahan pati yang disebutkan di atas.

D. Komponen Non-Pati dalam Batang Sagu

Selain butiran-butiran pati, empulur batang sagu juga mengandung bahan lain seperti serat, hemiselulosa, bahan pembentuk sel lainnya, padatan terlarut, dan zat-zat yang tidak teridentifikasi. Sun et al. (1999) melaporkan bahwa empulur mengandung glukosa dan ramnosa yang merupakan kandungan gula utama di antara polisakarida bukan pati yang larut dalam air dingin dan air panas.

Gula-gula netral dalam dimetilsufoksida, polisakarida nonpati yang larut dalam air, dijumpai dalam keadaan "diperkaya" dalam ramnosa, xylosa, glukosa, dan arabinosa. Ekstraksi empulur sagu dengan larutan 5% NaOH menghasilkan hemiselulosa yang kaya akan xylosa dan mengandung sedikit polisakarida yang berisi glukosa, arabinosa, galaktosa, dan ramnosa, bersama 7,4% asam uronik dan 3,9% lignin. Ada enam asam fenolik dan aldehida dalam lignin yang larut dalam air dan lignin terkait lain pada bagian hemiselulosa dan selulosa. Lignin mengandung unit-unit siringil tak terkondensasi yang tinggi dan sedikit guaiasil tak terkondensasi, serta beberapa unit p-hidroksifenil tak terkondensasi.

Total polisakarida bukan pati dan tidak larut menurun jumlahnya ketika pohon sagu matang pada tingkat angau muda

(fase berbunga) dan angau tua (fase berbuah), dan meningkat ketika umur pohon mencapai tahap akhir angau tua (Lang et al. 2006). Pada semua tingkat pertumbuhan, jumlah molekul fenol kurang dari 1%, sementara kandungan lignin bervariasi dari 9% hingga 22%. Lignin berkaitan kuat dengan hemiselulosa pada dinding sel empulur. Xilosa dan glukosa merupakan komponen utama hemiselulosa, bersama arabinosa dan galaktosa, dan sedikit ramnosa, manosa, fruktosa, dan asam uronik (RunCang et al. 1999). Cecil et al. (1982) melaporkan bahwa empulur mengandung 6–12% padatan yang dapat larut (bahan kering) dan 1–3% abu.

BAB XI
PERKEBUNAN SAGU

Perkebunan sagu komersial skala besar terbatas jumlahnya terutama karena masa tunggu mencapai 10 tahun sebelum tanaman dapat dipanen. Pada lahan subur dengan pemeliharaan yang baik, pohon sagu di Timika, Papua, ada yang mencapai matang panen pada umur 8 tahun setelah tanam. Pada lahan yang kurang baik, seperti lahan gambut dalam, pohon sagu membutuhkan waktu 15 tahun atau lebih untuk mencapai matang panen (Tie et al. 1987). Di Riau, pertanaman sagu skala besar di lahan gambut dalam, 30% pohon dapat mencapai matang panen pada umur 11 tahun (Jong, tidak diterbitkan).

Pada hutan sagu alami, tanaman sagu muda atau anakan terus muncul untuk menggantikan pohon yang telah tua atau dipanen. Karena itu, pertanaman sagu berada dalam berbagai tingkat pertumbuhan, mulai dari anakan hingga pohon yang kelewat matang atau mati. Berdasarkan sensus yang dilakukan pada 2009–2012, dalam setiap hektare pertanaman sagu terdapat rata-rata 32 pohon matang panen dan kelompok terbesar adalah pohon sagu lewat matang, sekitar 50 pohon/ha (Jong, tidak dipublikasi). Pada

perkebunan sagu yang padat (>70% pohon sagu) di Sorong Selatan, diperkirakan 5,0 ton pati kering per hektare dapat dihasilkan dari tanaman sagu matang panen.

Berdasarkan kondisi pertanaman sagu, membuat perkebunan sagu lestari sepertinya cukup mudah karena setelah pohon sagu matang panen ditebang, anakan akan terus tumbuh untuk menggantikan tanaman tua atau ditebang, sehingga hampir tidak ada biaya untuk penanaman. Namun kenyataannya, terdapat beberapa tantangan untuk memanen dan mengembangkan hutan sagu alami menjadi perkebunan yang lestari, yaitu:

Lokasi yang jauh dari jangkauan. Kondisi ini membuat mobilitas dan biaya logistik untuk pegawai, peralatan, prasarana kebun, termasuk biaya pengangkutan hasil panen menjadi sangat mahal.

Kurangnya keahlian teknis. Budi daya, rehabilitasi, dan pengolahan sagu merupakan hal baru bagi para investor, sementara keahlian di lapangan terbatas.

Tingginya biaya pembangunan infrastruktur. Hutan sagu umumnya berada di kawasan rawa, dan infrastruktur yang mahal harus dibangun untuk mengangkut hasil panen dan mobilitas operasional.

Kepemilikan pohon sagu dan kompensasi. Persoalan ini cukup kompleks karena seluruh lahan dan pohon sagu merupakan milik komunitas lokal (berdasarkan hak-hak ulayat atau hak adat asli), dan negosiasi harus dilakukan terkait ganti rugi untuk pembangunan perkebunan.

Isu sosial dan keamanan. Permasalahan ini mungkin merupakan tantangan terbesar. Persoalan sering kali berawal dari perselisihan kepemilikan lahan antaranggota keluarga, marga,

suku, atau pemilik yang berada di luar wilayah. Salah pengertian atau salah komunikasi antara investor dan penduduk lokal dapat memicu protes atau blokade untuk menghentikan operasional perkebunan sagu.

Meski terdapat berbagai tantangan, dengan berjalannya waktu dan pendekatan dengan masyarakat lokal serta pengalaman pembangunan perkebunan sagu di tempat lain, hutan sagu dapat dibangun secara lestari, yang memberi manfaat baik bagi masyarakat lokal, investor, maupun konsumen.

Murod (2019), Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Kepulauan Meranti mengungkapkan, daerahnya memasok hampir 40% kebutuhan sagu nasional, meskipun luas wilayahnya hanya 370.000 ha. "Sagu di Kabupatan Kepulauan Meranti bukan hutan, tapi (perkebunan yang) kita tanam. Kami sudah menanam sagu. Masyarakat sangat tertarik menanam sagu, hampir di tiap kecamatan menanam sagu". Masyarakat setempat sudah menanam sagu sejak tahun 1723. Saat ini wilayah Kepulauan Meranti terdapat 97 kilang sagu dengan total kapasitas 205.000 ton per tahun dan luas lahan sagu sekitar 54.000 ha. Pada 2017, produksi sagu dari Kabupaten Kepulauan Meranti mencapai 200.000 ton per tahun. "Kalau seluruhnya (tanaman) menghasilkan, (produksi) kita bisa mencapai lebih dari 500.000 ton hanya dari Meranti".

Di Kabupaten Kepulauan Meranti, sebuah perusahaan swasta yang memiliki konsesi perkebunan sagu seluas 22.000 ha (baru 14.000 ha yang ditanami), memproduksi 12.000 ton sagu per tahun. Pabrik yang dimiliki perusahaan swasta itu mempunyai kapasitas terpasang 100 ton per hari atau 3.000 ton per tahun.

"Produktivitas sagu rakyat di Kepulauan Meranti lebih bagus karena rakyat lebih tahu lebih dulu lokasi yang bagus", lanjut

Murod. Ada tiga kelas tanah di Meranti berdasarkan kesesuaiannya ditanami sagu. *Pertama*, kilang manis (tanah mineral kaya bahan organik); *kedua*, tanah mineral; dan *ketiga*, tanah gambut.

Harga sagu basah di daerah itu (Kepulauan Meranti) hanya Rp1.800/kg, sedangkan sagu kering Rp4.800–5.000/kg, belum termasuk biaya pengangkutan. Sebagian besar sagu dikirim ke Cirebon, Jawa Barat. Namun, Welirang (2019), Ketua Komite Tetap Kadin, menyatakan harga tepung sagu masih mahal, karena ia menemukan harga tepung sagu kering di pasar sekitar Rp14.500/kg.

A. Mendirikan Perkebunan Sagu

Menyadari potensi sagu sebagai komoditas baru untuk menunjang ekonomi di Sarawak, Pemerintah Malaysia mendirikan perkebunan sagu di Sarawak guna memenuhi kekurangan bahan baku sagu bagi industri untuk ekspor dan keperluan lain. Pertimbangan lainnya adalah Sarawak memiliki sekitar 1,5 juta hektare lahan gambut, yang merupakan daerah gambut terbesar di Malaysia

Girsang (2018) mengemukakan bahwa teknologi tradisional dalam memproduksi pati sagu mulai ditinggalkan karena teknologi tersebut memerlukan banyak waktu, sementara industri pengolahan pati sagu semimodern dan modern hanya dioperasikan di area hutan sagu yang memiliki akses ke ibu kota kecamatan atau provinsi. Oleh karena itu, terjadi ketidakseimbangan pemanfaatan hutan sagu dan selanjutnya pasokan bahan baku tidak lestari karena laju penebangan pohon sagu lebih cepat daripada laju pertumbuhan alaminya. Industri sagu enggan beroperasi di daerah sagu yang lokasinya sulit diakses guna menghindari biaya operasional yang tinggi, apalagi harga pati sagu yang dihasilkan rendah dan permintaan pasarnya masih terbatas.

Dengan mendirikan perkebunan sagu yang memiliki infrastruktur transportasi yang lebih baik (minimal ada jaringan kanal dalam area perkebunan), ditunjang dengan manajemen pemeliharaan tanaman yang baik, penggunaan varietas unggul tertentu, serta pemasaran yang luas, kendala akses yang sulit dan pasokan bahan baku yang tidak terjamin kontinuitasnya dapat teratasi. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah daerah dan pemerintah pusat untuk memfasilitasi pemberian konsesi pengelolaan hutan sagu secara lestari bagi investor yang berminat mengembangkan perkebunan sagu di hutan sagu yang selama ini potensinya terbuang percuma. Pemberian konsesi tersebut diikuti dengan pendampingan untuk mengatasi masalah yang terkait dengan hukum adat dan hak-hak tanah ulayat yang berpotensi menjadi gangguan jika tidak dapat diselesaikan.

Pembangunan perkebunan tanaman sagu dengan menata tanaman sagu yang tumbuh liar atau semiliar lebih mudah daripada membuka lahan dan menanam tanaman baru. Berdasarkan pengalaman perkebunan sagu di Mutah dan Dalat di Sarawak, serta di Riau, kedalaman lahan gambut lebih dari 2,5 m merupakan tantangan berat yang harus mendapat perhatian khusus agar pohon sagu dapat dipanen tepat waktu. Tantangan lain dalam pembukaan perkebunan sagu adalah di daerah terpencil, sumber energi untuk menjalankan *excavator* dan mesin lainnya sangat terbatas. Oleh karena itu, perkebunan sagu perlu mendiversifikasi sumber energinya, tidak hanya bergantung pada biomassa sisa batang sagu, tetapi juga dari etanol, tenaga air, tenaga surya, biogas, dan sumber energi lainnya.

Menanggapi mundurnya satu perusahaan besar swasta dari pengolahan sagu di Papua, Ormuseray (2018), Kepala Dinas Kehutanan dan Konservasi Provinsi Papua menjelaskan, beban

produksi perusahaan tersebut lebih besar ketimbang harga jual tepung sagu yang dihasilkan. Hal ini karena sagu mereka ambil langsung dari hutan sagu alam, sementara hutan sagu alam Papua memiliki banyak jenis, jumlahnya mencapai lebih dari 31 macam. Belum lagi satu jenis sagu, turunannya juga lebih dari satu macam. Hal itu berbeda dengan hutan sagu di Kepulauan Meranti, Riau, yang merupakan sagu budi daya (tanamannya berjarak tanam). Karena itu, perusahaan (di Kepulauan Meranti) bisa mengatur jenis sagu yang akan diproduksi, termasuk memperkirakan potensi sagu basah yang dihasilkan dari satu pohon sagu.

Meski begitu, Ormuseray (2018) mengatakan kemungkinan (juga) ada masalah sosial dengan masyarakat setempat (di Papua) seperti (masalah) tanah hak ulayat yang membuat perusahaan ini hengkang. Sebelum ekspansi ke Papua, perusahaan swasta itu merupakan pemain utama (berpengalaman) di pabrik sagu di Kepulauan Meranti yang hingga kini masih beroperasi dengan hasil produksinya jutaan ton (per tahun).

B. Pengalaman dari Malaysia

Sagu menjadi komoditas pertanian penting di Sarawak sejak 1880-an. Awalnya, sagu ditanam oleh petani kecil untuk memproduksi pati, terutama untuk memenuhi kebutuhan industri makanan setempat. Saat ini, meski bukan lagi sebagai produsen pati sagu terbesar dunia, Sarawak merupakan eksportir terbesar sagu dunia. Volume ekspornya mencapai 48.000 ton pada tahun 2013 dengan nilai MYR 71,0 juta (MYR = Malaysian Ringgit), sementara tahun 2014 volumenya 46,900 ton dengan nilai MYR 81,0 juta.

Pelabuhan tujuan utama ekspor sagu dari Sarawak adalah Peninsular Malaysia (60%) dan Jepang (30%), sesuai data dari Departemen Statistik Malaysia. Meskipun demikian, volume

ekspor sagu dari Sarawak tidak bertambah dalam 10 tahun terakhir karena pasokan batang sagu rendah dan tidak dapat diandalkan. Pada tahun 1988, Pemerintah Federal Malaysia telah mendirikan perkebunan sagu di daerah lahan gambut di Mukah dengan luas sekitar 19.000 ha. Keputusan mendirikan perkebunan pohon sagu itu ditetapkan berdasarkan hasil studi kelayakan. Wilayah yang dijadikan lokasi studi kelayakan terutama lahan gambut memiliki kedalaman gambut lebih dari 2 m dan kebun milik petani.

Tiga belas tahun setelah perkebunan didirikan, tidak ada pohon sagu yang dapat dipanen, kecuali yang ditanam di daerah gambut dangkal (kedalaman gambut kurang dari 1,5 m), yang luasnya hanya 4% dari keseluruhan wilayah. Pohon sagu yang ditanam di lahan gambut dalam, umumnya tumbuh lambat (kerdil), tetap tumbuh dalam kondisi vegetatif tertekan meski telah berumur lebih dari 5 tahun. Batangnya meruncing dan anak-anak daunnya kecokelatan. Meskipun dilakukan cara-cara budi daya intensif dan pemupukan yang cukup, tidak ada satu pun pohon sagu di lahan gambut dalam yang tumbuh dengan baik. Berdasarkan pengalaman tersebut, pada tahun 2003 The Crop Research and Application Unit (CRAUN) melakukan percobaan di lahan gambut Perkebunan Sagu Sembakong (SSP) di Mukah, Sarawak, dilanjutkan dengan penelitian di Stasiun Penelitian Sungai Talau di Dalat, Sarawak pada tahun 2007. Penelitian mencakup persiapan lahan, pengaturan air, pemberian pupuk, dan sifat tanah.

Di Sarawak ada sekitar 1,7 juta hektare lahan gambut yang diperkirakan cocok untuk perkebunan sagu. Penduduk asli Sarawak dari suku Melanau sudah sejak lama memelihara dan memanen pohon sagu. Mereka rata-rata memiliki 5 ha kebun sagu dan menebang 1–41 pohon per tahun, rata-rata 14 batang per tahun. Saat harga batang sagu baik, seorang petani (dan kelompoknya)

bisa menebang sampai 102 pohon sagu per tahun (Kueh et al. 1991), dengan luas areal kebun sagu sekitar 2.300 ha. Para petani sagu dan perkebunan besar sagu di Sarawak tidak pernah memupuk tanaman sagunya. Meskipun hasil perkebunan besar di Mutah belum memuaskan, kilang yang mereka miliki telah dilengkapi dengan sarana dan prasarana pengolahan pati sagu modern dengan menggunakan teknologi ekstraksi mutakhir, yang merupakan adaptasi dari teknologi pengolahan pati singkong dan kelapa sawit.

Perkebunan besar sagu di Mukah dan Dalat, Sarawak, yang telah berdiri lebih dari 26 tahun, masih menghadapi persoalan serius dengan lahan gambut yang lebih dalam dari 2 m. Penelitian dan berbagai upaya terus dilaksanakan untuk mengatasi masalah tersebut seperti diuraikan berikut ini.

Pembangunan Fasilitas Penelitian

Stasiun penelitian dibangun di Perkebunan Sebakong dan di Stasiun Penelitian Sungai Talau yang memiliki lahan gambut dengan kedalaman lebih dari 5 m. Selain itu juga dilakukan pengamatan kebun petani di wilayah Senau, Dalat, Kampung Tellian, dan Kampung Sesok, di Mukah. Persiapan lahan mengacu pada standar yang diterapkan pada pembukaan lahan dan pengelolaan air untuk perkebunan kelapa sawit, dengan tinggi permukaan air dipertahankan pada 20–40 cm dari permukaan tanah, lebih tinggi daripada standar tinggi muka air tanah pada perkebunan kelapa sawit yang berkisar 50–75 cm

Bahan Tanaman dan Penanaman

Anakan pohon sagu diseleksi dan ditanam dalam polibag. Anakan yang ditanam di lapangan dipilih yang memiliki minimum 3 daun terbuka dan sistem perakarannya berkembang baik. Penanaman dilakukan dengan kerapatan 100 pohon per hektare. Tinggi muka

air dipertahankan 20 cm dari permukaan tanah. Kapur diberikan 7 hari sebelum tanam untuk meningkatkan pH, dan 200 g pupuk *rock phosphate* diberikan saat penanaman.

Budi Daya dan Pemeliharaan

Aplikasi herbisida dilakukan setelah pembukaan lahan dan penanaman untuk mencegah tumbuh kembalinya sisa-sisa gulma dan untuk menghentikan pertumbuhan gulma baru. Herbisida kontak digunakan selama dua tahun pertama setelah tanam, untuk mengurangi risiko terganggunya pohon sagu akibat terkena percikan herbisida. Penyemprotan herbisida di sekitar pohon sagu dilakukan tiga kali setahun, sebelum aplikasi pupuk. Pengendalian gulma dilakukan agar pohon sagu tidak terhalang dari sinar matahari, atau terlilit gulma yang merambat yang dapat mematikan pohon sagu (Yusup et al. 2007).

Pemeliharaan rumpun dilakukan untuk meminimalkan persaingan hara, ruang, dan sinar matahari antara induk pohon sagu dan anakannya (Peter et al. 2012). Pemangkasan anakan dilakukan pada tahun keempat setelah penanaman. Pada tahun keempat hanya dua anakan sehat yang dibiarkan tumbuh dan kemudian hanya satu anakan sehat yang dibiarkan tiap 18 bulan berikutnya. Cara ini bertujuan untuk menjamin kelangsungan panen. Daun-daun mati dipotong dan disusun di antara baris tanaman untuk menghalangi pertumbuhan gulma dan mengembalikan nutrisi dan bahan organik dari daun yang mati agar kembali ke tanah.

C. Manfaat Perkebunan Sagu Bagi Lingkungan

Ditinjau dari aspek lingkungan, tanaman sagu dapat menjaga tata air di sekitarnya sehingga dapat mengurangi risiko kekeringan. Beberapa fakta di lapangan menunjukkan, di daerah sagu terutama di sekitar pancuran air, air tetap mengucur meski telah memasuki

musim kemarau. Walau fakta ini belum dapat dijelaskan secara ilmiah oleh para ahli, fenomena tersebut dapat memberi gambaran faktual bahwa tanaman sagu dapat menjaga tata air di daerah sekitarnya. Peran sagu dalam menjaga tata air telah diprediksi Stanton (1979).

Selanjutnya Haska et al. (2007) melaporkan bahwa tanaman sagu mampu menyerap 240 ton CO_2/ha/tahun, jagung 216 ton CO_2/ha/tahun, padi 81 ton CO_2/ha/tahun, ubi kayu ton CO_2/ha/tahun, tebu 225 ton CO_2/ha/tahun, dan ubi jalar 88 ton CO_2/ha/tahun. Berdasarkan angka-angka tersebut, tanaman sagu mampu menyerap lebih banyak CO_2 dibanding padi maupun jagung. Di samping itu, dalam menghadapi perubahan iklim global, tanaman sagu relatif lebih tahan dibanding tanaman lain seperti jagung atau padi.

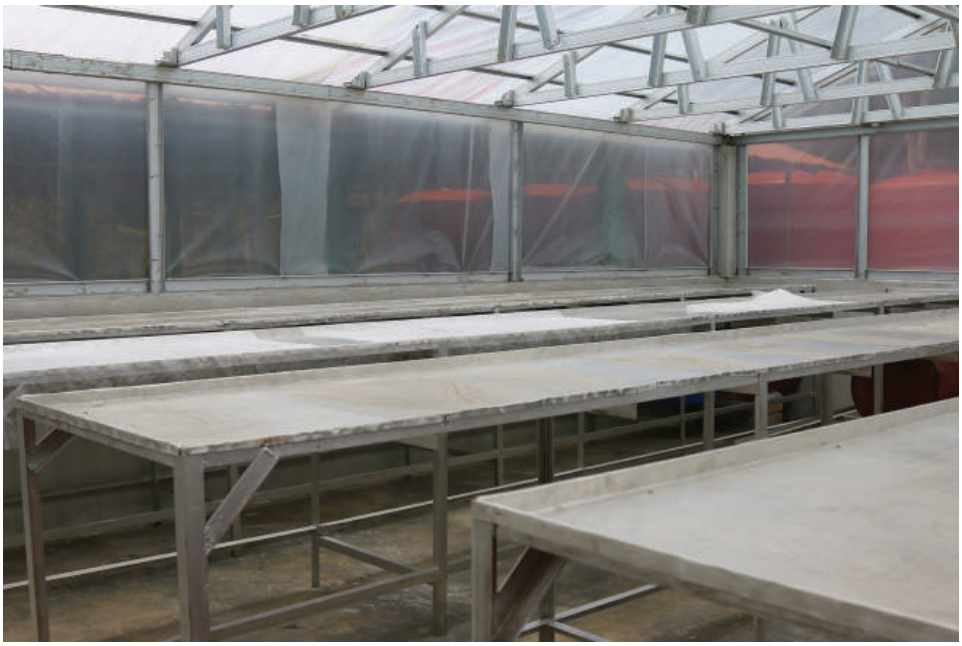
Sagu selain sebagai penyedia bahan pangan juga bermanfaat bagi lingkungan. Sagu dapat ditanam di daerah berpolusi tinggi karena dapat menyerap karbon dioksida paling tinggi dibanding tanaman lain. Oleh karena itu, Stanton (1979) menyebut sagu merupakan tanaman kuno sekaligus tanaman modern, baik sebagai penyedia bahan pangan maupun tanaman penjaga lingkungan. Ditinjau dari kelestariannya, tanaman sagu sudah lama tumbuh di Indonesia dan akan lebih tahan terhadap perubahan iklim yang dapat mengancam produksi bahan pangan dari biji-bijian.

Kajian sagu di Indonesia, antara lain di Maluku, masih difokuskan pada permasalahan di hulu, seperti tanah, pengelolaan kebun sagu liar, luas area, tipe pohon sagu, dan budi daya (Louhenapessy 1992; BPPS 2009). Sangat sedikit penelitian tentang industri sagu, pengembangan produk, dan promosi, juga nilai budaya, lingkungan, dan nilai pendidikan (Papilaya 2009) di wilayah

hilir. Upaya mengoptimalkan pemanfaatan sagu dapat dilakukan melalui pengembangan pengetahuan dan teknologi panen, pengolahan, dan pengembangan produk untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing (Girsang and Papilaya 2009).

Sumber: Pustaka

Contoh bak tempat "mencuci" larutan pati sagu setelah diekstraksi



Sumber: Pustaka

Pengeringan pati sagu

BAB XII
ASPEK EKONOMI DAN PROSPEK PENGEMBANGAN SAGU

Untuk mengembangkan bisnis pati sagu di Papua Barat, sebuah perusahaan publik Indonesia, pada tahun 2007 mendirikan anak perusahaan di Papua Barat, dengan dukungan konsesi lahan 40.000 ha hutan sagu di Sorong Selatan. Perusahaan publik ini melihat aspek ekonomi dan potensi yang menjanjikan dalam pengembangan bisnis sagu di masa mendatang.

Perusahaan memiliki kapasitas pengolahan 1.250 ton dan akan dikembangkan menjadi 2.500 ton pati sagu kering per bulan. Pada awal operasional komersialnya tahun 2017, perusahaan memasarkan 520 ton pati sagu kering senilai USD 220.000 (harga rata-rata USD 425/ton FOB) dan pada tahun 2018 volumenya naik menjadi 1.800 ton senilai USD 749.000 (harga rata-rata USD 420/ton FOB). Harga jual sagu rata-rata tahun 2017 adalah IDR 5.693/kg dan untuk tahun 2018 sebesar IDR 5.991/kg. Harga jual rata-rata tahun 2018 lebih tinggi dalam rupiah (tetapi rendah dalam USD) daripada harga jual tahun 2017 karena rata-rata kurs USD terhadap rupiah pada tahun 2018 lebih tinggi (sekitar Rp14.250/USD) dibanding tahun 2017 yang hanya Rp13.400/USD.

Perbaikan dalam manajemen panen, pengolahan, dan energi yang dilakukan secara terus-menerus di perusahaan pengolahan sagu modern di Sorong Selatan itu, telah mampu meningkatkan produksi pati sagu kering dari 778 ton pada tahun 2017 menjadi 1894 ton pada tahun 2018, dan juga mengurangi biaya produksi hampir 50%. Inovasi dalam proses ekstraksi, pengangkutan, dan pembongkaran batang sagu telah meningkatkan jumlah batang pohon yang siap diolah. Sementara penggunaan bahan organik untuk bahan bakar pembangkit listrik, telah menurunkan konsumsi bahan bakar fosil dan sekaligus menurunkan biaya produksi.

Dengan pemeliharaan dan penyempurnaan pada sistem otomatisasi dan penyempurnaan peralatan, diharapkan pada tahun 2019 biaya produksi dapat berkurang lagi. Pada saat yang sama, perusahaan juga secara kontinu meningkatkan kompetensi dan disiplin kerja pegawai, serta melakukan pelatihan dan rotasi kerja mengingat pabrik dalam proses otomatisasi. Upaya meningkatkan produktivitas melalui perbaikan agronomi merupakan fokus selama tahun yang lalu dan selanjutnya perusahaan melakukan penelitian teknik-teknik penanaman dan pembibitan. Perusahaan juga menggunakan pesawat tanpa awak (*unmanned aerial vechile*/UAV) untuk mengidentifikasi pohon sagu masak tebang untuk dipanen.

Tujuan lain dari perusahaan pengolahan pati sagu di daerah Saga, Papua Barat ini adalah menjadikan perusahaan sebagai model bisnis manajemen hutan sagu lestari di Papua. Pohon sagu tumbuh melimpah di Papua. Mengubah hutan sagu yang semula terbengkalai menjadi industri pedesaan yang nyata dan lestari merupakan sumbangan yang bernilai untuk mengurangi tingkat kemiskinan dan membangun ekonomi wilayah, selain mendukung upaya diversifikasi pangan. Perusahaan terus mengupayakan

cara-cara terbaik, termasuk seleksi panen, penanaman kembali bila dianggap perlu di daerah yang pernah dipanen untuk mengembalikan tapak hutan dan mengatur tinggi permukaan air.

Dengan tumbuhnya pengakuan tentang keuntungan sagu sebagai sumber pati alami yang sehat dan lestari, serta potensi pemanfaatan ganda pati sagu, pada tahun 2018 perusahaan memperluas pasar lokal dan internasional. Produksi pati yang tinggi pada tahun 2018 memungkinkan perusahaan memasok dua konsumen utama dalam industri makanan modern, yang keduanya mulai menggunakan pati sagu pada produk tepung siap saji. Perusahaan juga telah memperluas distribusi ke pasar-pasar di Jakarta dan Surabaya.

Guna menarik peminat dan konsumen pati sagu yang lebih luas, perusahaan juga berpartisipasi pada pameran *Food Ingredients Asia Expo*, yang menghasilkan ketertarikan serius beberapa konsumen dari dalam maupun luar negeri. Ketertarikan itu membuat perusahaan lebih yakin akan ada pasar yang kuat bagi pati sagu mengingat volume produksi terus bertambah.

Guna memenuhi kebutuhan dan memperbaiki pasokan yang kontinu, perusahaan menempatkan stok penyangga pati sagu di Pulau Jawa. Dengan adanya stok penyangga itu, pasokan bagi konsumen yang telah memperpanjang kontrak pada kuartal lalu dapat terjamin. Dengan itu pula perusahaan dapat menawarkan komitmen penjualan jangka pendek (3 atau 4 bulan) sehingga konsumen dapat menikmati harga yang stabil dan pasokan yang lebih pasti. Perusahaan juga telah mengikat penjualan dengan satu vendor logistik baru. Dengan melaksanakan beberapa strategi pemasaran tersebut, perusahaan dapat mengurangi biaya secara nyata.

Perusahaan pati sagu modern di Sorong Selatan tersebut memproduksi pati sagu dengan standar kesehatan yang ketat, dan dilengkapi dengan sistem pembersihan dan sterilisasi. Pabrik modern itu pada tahun 2019 mempersiapkan berbagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh sertifikat ISO 22000 (keamanan pangan) dan ISO 9001 (mutu). Saat ini pati sagu yang dihasilkan dijual ke industri makanan, sementara penjualan ke pasar eceran juga terus dijajaki.

Tantangan utama perusahaan untuk melanjutkan usahanya adalah keinginan untuk menaikkan harga jual dan mengurangi biaya per unit sambil menambah volume produksi. Pengurangan biaya juga akan dilakukan dengan otomatisasi mesin-mesin pada tahap awal proses pengolahan agar tercapai target titik impas (*break even point*) pengolahan 3.000 batang (tual) pohon sagu per hari pada akhir tahun 2019. Selain itu juga akan dilakukan penelitian untuk memperbaiki teknik ekstraksi dan pengelolaan hutan lestari.

Bagi banyak perusahaan pengolahan pati sagu, hambatan utama menjadikan sagu sebagai bahan pangan pokok adalah persoalan sosiologis, psikologis, dan sampai tingkat tertentu fisiologis sehingga upaya menjadikan pati sagu sebagai bahan pangan pokok sulit menjadi kenyataan. Secara sosial, makan sagu dianggap tidak patut atau tidak pantas karena sulit diperoleh dan dipersiapkan. Hambatan menjadikan pati sagu sebagai bahan pangan pokok, sementara sumber bahan baku sagu melimpah di hutan di Papua, merupakan tantangan yang perlu direalisasikan. Dengan mendirikan pabrik pengolahan pati sagu modern, upaya mewujudkan diversifikasi dan ketahanan pangan yang kokoh akan lebih mendapat dukungan.

Mengembalikan derajat sagu sebagai bahan pangan pokok di daerah-daerah sentra produksi sagu, dengan cara mengganti beras

dalam program pembagian beras sejahtera (dulu raskin) dengan sagu, perlu dipertimbangkan. Selain itu, upaya yang dilakukan keluarga kerajaan Brunei Darussalam yang menggelar acara makan bersama secara rutin dengan menu pokok salah satunya sagu, merupakan contoh baik untuk meningkatkan derajat sagu sebagai pangan yang berkelas.

Di Jepang, untuk meningkatkan penggunaan pati sagu, hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah mengenalkan pati sagu berkualitas tinggi, mempublikasikan daya tariknya, keunggulannya, dan potensi manfaat penggunaannya. Di Jepang, pati sagu terutama diimpor dari Indonesia dan Malaysia. Pati sagu yang dimodifikasi digunakan sebagai pelapis mi seperti udon, ramen, dan soba atau untuk kulit dimsum seperti gyosa dan shumai (Kondo 2015). Di Jepang sangat jarang makanan yang menggunakan sagu sebagai bahan baku utama. Pati sagu jarang digunakan karena tersedia aneka ragam pati, yang penggunaannya masing-masing mempunyai latar belakang sejarah budaya yang unik dan konvensional. Pati yang banyak digunakan dalam makanan Jepang di antaranya adalah pati kentang dan pati ubi jalar. Kedua jenis pati tersebut memiliki derajat warna putih sesuai dengan yang diinginkan dan harganya terjangkau, sementara pati kudzu dan pati pakis tersedia di pasar dengan harga sedikit lebih mahal. Pati jagung sebelumnya juga jarang digunakan, tetapi akhir-akhir ini mulai biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan makanan di Jepang.

A. Perkiraan Produksi Sagu Masa Depan

Sagu merupakan tanaman penghasil energi tinggi, diperkirakan menghasilkan pati sagu kering 25 ton/ha/tahun (Flach 1983). Perkebunan sagu dapat memanen lebih dari 100 batang pohon

masak panen per hektare (sekitar 20–30 ton pati kering) pada tahun tertentu, kemudian menurun dalam panen-panen selanjutnya, yang dalam jangka panjang akan menurunkan rata-rata hasil. Kajian yang dilakukan Yamamoto et al. (2008) mengindikasikan bahwa hasil berkelanjutan pati kering 10 ton/ha/tahun dapat dicapai dari perkebunan yang relatif baik.

Pada tahun 2017, dalam rangka menciptakan udara yang lebih bersih, pemerintah Tiongkok mencanangkan penggunaan bahan bakar E10 (campuran 10% etanol dan gasolin) di seluruh negeri pada tahun 2020. Target penggunaan bahan bakar E10 pada 2020 diprediksi akan mengalami kendala meskipun telah ditunjuk 15 perusahaan untuk memproduksi 4,2 juta ton etanol yang bahan bakunya dari ubi kayu, jagung, bonggol jagung, gandum, sorgum, dan batu bara (gas sintetis) (Kim 2019). Bila etanol dari sagu Indonesia dapat ditawarkan untuk menggantikan etanol dari bahan-bahan yang juga menjadi bahan pangan itu, maka produksi sagu akan menjadi sangat bergairah.

Kepala Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian mengungkapkan rencana Inpres penggunaan 10% tepung lokal (antara lain tepung singkong, sagu, dan tepung jagung) untuk menggantikan tepung gandum (Hendriadi 2019a). Menurut Hendriadi (2019b), bahan pangan lokal tersebut berpotensi menggantikan gandum sebagai bahan baku utama tepung terigu, yang menurut data Badan Pusat Statistik (BPS 2019), volume impor gandum pada tahun 2028 akan mencapai 10,15 juta ton. Pada tahun 2016, impor gandum tercatat 10,53 juta ton dengan nilai USD 2,4 miliar atau setara Rp33,84 triliun (kurs Rp14.100/USD). Sementara impor gandum (HS 10019912 dan HS 10019919) tahun 2018 sebanyak 10,08 juta ton dengan nilai USD 2,56 miliar atau setara Rp36,24 triliun (BPS 2019).

B. Perdagangan Internasional Sagu

Pasar pati dunia didominasi oleh pati jagung, kentang, dan tapioka. Produksi pati dunia diperkirakan mencapai 27,5 juta ton, sementara pati sagu yang dikonsumsi jumlahnya diperkirakan hanya sekitar 3%, yaitu 200.000-300.000 ton per tahun. Dengan demikian diperlukan penguatan pentingnya sagu agar dikenal secara global.

Produksi pati Eropa pada tahun 2016 mencapai 10 juta ton, terdiri atas 47% pati jagung, 40% pati gandum, dan 13% pati kentang, sebagian besar (9,3 juta ton) dipasarkan ke konsumen. Untuk memproduksi pati kentang, produsen pati menggunakan 100% kentang produksi Eropa. Ironisnya, 39% pati yang dipasarkan oleh produsen pati di Eropa digunakan bukan untuk industri pangan, melainkan untuk industri farmasi dan kimia (4%), karton dan kertas (29%), industri bukan makanan lain (5%), dan pakan ternak (1%), keseluruhannya berjumlah 3,63 juta ton. Bila dilihat penggunaannya yang bukan untuk bahan baku pangan, bila pati sagu ingin masuk ke pasar Eropa, penggunaan pati sebagai bahan baku industri bukan pangan dapat dijadikan pintu masuk utama.

Produsen sagu komersil utama dunia adalah Malaysia dan Indonesia. Di Malaysia, sagu dihasilkan terutama oleh kilang-kilang kecil milik keluarga (kapasitas <100 ton/bulan) sebelum tahun 1980-an. Terdapat lebih dari 40 kilang kecil di sepanjang Sungai Mukah dan Dalat. Pabrik pengolahan pati sagu yang telah dimodernisasi, kapasitas 5000–1.000 ton/bulan, tumbuh menjamur menggantikan kilang-kilang kecil pada akhir 1980 sampai awal 1990. Sebuah perkebunan sagu besar dibangun pada pertengahan 1980-an, meski hasilnya belum memuaskan. Dengan adanya dukungan pasokan pati dari kilang-kilang di Mukah dan Dalat itulah, Malaysia dapat mengekspor sekitar 47.000 ton pati sagu kering per tahun.

Di Indonesia, salah satu pusat produksi pati sagu terdapat di Selat Panjang, Provinsi Riau. Sekitar 80.000–90.000 ton pati sagu kering diproduksi per tahun. Pengolahannya dilakukan oleh 50–60 industri kecil dengan kapasitas 50–200 ton/bulan. Pada tahun 2010, dibangun sebuah pabrik pati sagu berkapasitas 3.000 ton/bulan di Selat Panjang. Selain di Selat Panjang, pada akhir 1980-an, beberapa pabrik pati sagu berukuran medium didirikan di Halmahera (Maluku) dan Arandai (Papua Barat). Selanjutnya dibangun pabrik pati sagu baru dengan kapasitas 3.000 ton/bulan di Papua Barat.

Pada tahun 2004–2013, Malaysia memproduksi 42.000–50.000 ton pati sagu halus (*refined*) per tahun. Pati sagu utamanya dijual ke Malaysia Barat dan ditambahkan (20–30%) pada tepung beras untuk memproduksi mi beras dan bihun beras. Meskipun harga pati sagu lebih tinggi daripada harga pati jagung dan pati singkong, pati sagu lebih disukai oleh pengguna. Menurut mereka, pati sagu memiliki beberapa kelebihan dibanding pati jagung dan pati singkong yang membuat mi dan bihun tidak mudah putus dan teksturnya lebih kenyal.

Pati sagu menghasilkan pati yang jernih ketika dimasak. Karakter ini ideal untuk pembuatan mi transparan (*glass noodle*/ sohun). Sebuah perusahaan swasta mensurvei bahwa lebih dari 90% pati sagu yang diproduksi di Indonesia digunakan untuk membuat sohun. Pemasaran pati sagu terutama ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri di Malaysia dan Indonesia. Malaysia juga mengekspor pati sagu ke Jepang untuk digunakan sebagai tepung pelapis mi. Produksi pati sagu di negara lain seperti di PNG, Thailand, dan Filipina relatif kecil dan umumnya untuk memenuhi kebutuhan pasar lokal.

Menurut Jong (2018), pati sagu relatif kurang dikenal dalam pasar pati internasional karena kurangnya produksi. Harga pati sagu sekitar USD 700/mt FOB Sarawak, bahkan untuk pati sagu halus harganya lebih tinggi masing-masing 35% dan 20% dari harga pati singkong dan pati jagung. Karena itu, para pembeli pati singkong dan pati jagung kurang tertarik untuk menggunakan pati sagu, padahal karena karakternya yang unik, pati sagu dapat digunakan untuk proses yang lebih spesifik. Pembeli mungkin memerlukan karakter yang dimiliki pati sagu, tetapi karena belum terbiasa dengan pati sagu, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan sehingga pati sagu dapat dipertimbangkan penggunaannya. Penelitian dan pengembangan perlu dilakukan pada karakter dan cara penggunaan pati sagu, diikuti dengan promosi yang intensif. Upaya lain adalah memasarkan pati sagu untuk bahan baku industri fermentasi dan industri pati sagu termodifikasi.

Sagu kasar dapat diproduksi dengan lebih kompetitif khususnya di daerah sentra produksi, misalnya di PNG dan Papua Barat. Unit pengolahan pati sagu komersial idealnya memproduksi pati sagu dengan harga kompetitif untuk digunakan dalam proses fermentasi dan industri makanan sehat. Dengan proses pengolahan tanpa air, protein, mineral, gula, polifenol, dan nutrisi lain akan tetap terjaga. Juga tanpa limbah dan semua produk ikutan dapat digunakan dalam proses tersebut (misalnya batang untuk bahan bakar, serat untuk pakan dan bahan bakar).

Pati sagu dapat disimpan selama beberapa bulan. Keunggulan ini membuat pati sagu mem produk perdagangan yang signifikan. Masyarakat Motu di Pantai Selatan PNG, secara tradisional memiliki semacam ikatan yang disebut perdagangan hiri (*hiri trade*) dengan masyarakat di kawasan Teluk Papua untuk memperoleh sagu. Karena masyarakat Motu tidak bisa

mendapatkan sagu di sekitar tempat tinggal mereka, mereka memilih bentuk perdagangan ini, yang memerlukan perjalanan panjang selama 2–3 bulan (Toyoda 2015).

Sagu telah menjadi kunci perdagangan komoditas pertanian di Sarawak sejak tahun 1880-an. Awalnya sagu ditanam petani kecil untuk untuk industri makanan lokal. Saat ini, meskipun tidak lagi menjadi produsen pati sagu terbesar di dunia, Sarawak merupakan eksportir utama pati sagu dunia. Volume ekspor pati sagu tahun 2013 tercatat 48.000 ton dengan nilai MYR 71,0 juta, sementara di tahun 2014 ekspornya sebesar 46.900 ton dengan nilai MYR 81,0 juta. Tujuan ekspor utamanya adalah ke Malaysia Peninsular (60%) dan Jepang (30%), sebagaimana yang dilaporkan oleh Departemen Statistik Malaysia. Namun, ekspor pati sagu dari Serawak sudah tidak bertambah lagi selama 10 tahun karena pasokan batang sagu rendah dan tidak dapat diandalkan.

Menurut Okazaki (2015), Jepang telah mengimpor sekitar 20.000 ton pati sagu mentah dari Malaysia dan Indonesia selama lebih dari 20 tahun. Pati sagu digunakan untuk tepung penabur. Partikel pati sagu yang relatif besar dan seragam dapat memisahkan mi yang lengket, tetapi herganya lebih mahal daripada pati singkong. Meskipun demikian, pati sagu selalu mempunyai harga yang kompetitif dibanding pati singkong di pasar perdagangan dunia.

Pada tahun 2015–2018, ekspor produk sagu Indonesia mencakup empat jenis dengan HS nomor 07149011 dengan deskripsi empulur sagu beku (*sago pith frozen*), HS nomor 07149019 empulur sagu, bukan beku (*sago pith, not frozen*), HS nomor 11062020 tepung, tepung kasar, dan bubuk sagu (*flour, meal and powder of sago*)", dan HS nomor 11081910 pati sagu (*sago starch*). Menurut data ekspor Badan Pusat Statistik tahun 2016, ekspor produk sagu HS nomor 11062020 diperinci lagi menjadi dua, yaitu

HS nomor 110620210 dengan deskripsi tepung kasar sagu (*meal of sago*) dan HS nomor 1106202900 tepung dan bubuk sagu (*flour and powder of sago*). Volume dan nilai ekspor empat produk sagu tersebut tahun 2015–2018 disajikan pada Tabel 15 dan 16.

Tabel 15. Volume Ekspor produk sagu Indonesia (kg), 2015-2018

No. HS	Deskripsi	2015	2016	2017	2018
07149011	Sago pith frozen	329	-	20.000	-
07149019	Sago pith, not frozen	-	-	16	10
11062020	Flour, meal and powder of sago	634.835	376.845	32.280	10.445
11081910	Sago starch	9.680.908	7.334.091	11.432.482	12.897.823
	Jumlah	10.316.072	7.710.936	11.484.778	12.908.278

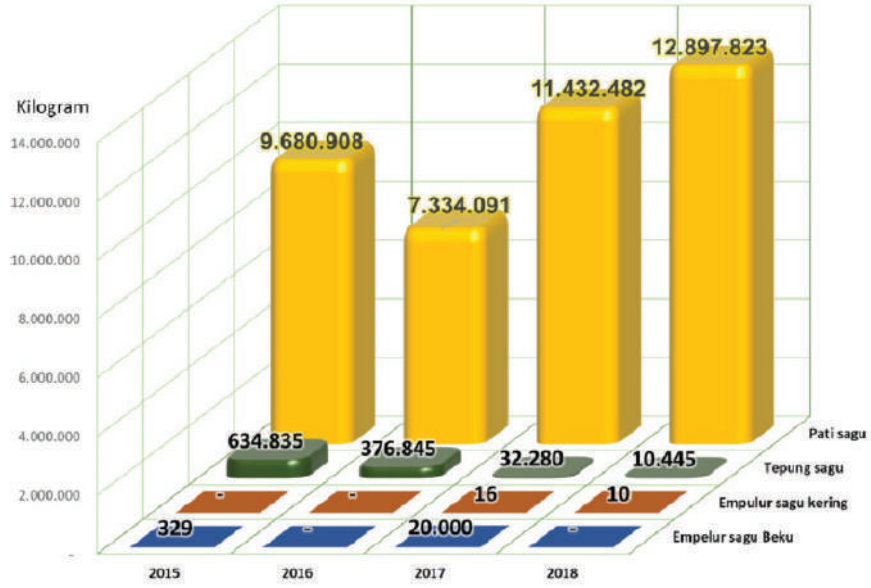
Sumber: BPS

Tabel 16. Nilai (FOB) Ekspor Produk Sagu Indonesia (USD) 2015-2018

No. HS	Deskripsi	2015	2016	2017	2018
07149011	Sago pith frozen	296	-	1.125	-
07149019	Sago pith, not frozen	-	-	7	8
11062020	Flour, Meal and Powder of Sago	175.693	139.217	44.862	35.723
11081910	Sago starch	2.976.541	2.533.019	3.041.619	3.180.369
	Jumlah	3.152.530	2.672.236	3.087.613	3.216.100

Sumber: BPS

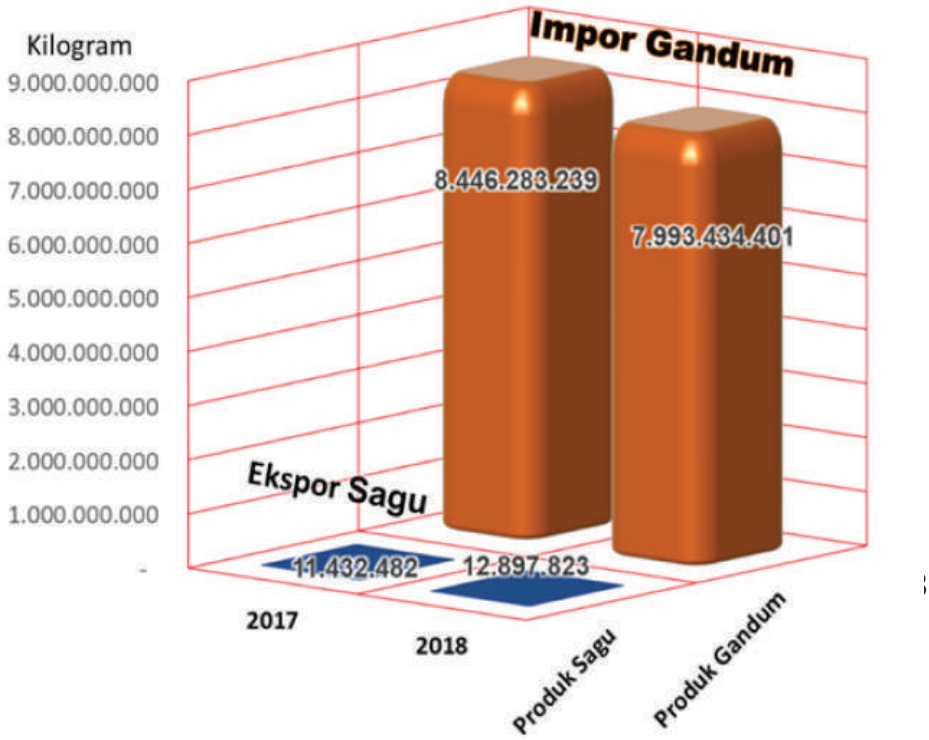
Tabel 16 menunjukkan bahwa pada tahun 2015-2018, volume ekspor produk sagu Indonesia didominasi oleh produk HS No. 11081910, yaitu pati sagu, yang pada tahun 2018 mencapai 99,92%. Volume tertinggi ekspor pati sagu Indonesia dalam periode 2015–2018 tercatat pada tahun 2018 yakni 12.897,8 ton, naik dari tahun 2017 yang hanya 11.432,5 ton. Gambaran lengkap perkembangan volume ekspor pati sagu dan tiga produk sagu Indonesia dalam periode 2015–2018 dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Volume ekspor produk sagu Indonesia, 2015-2018
(Sumber: Badan Pusat Statistik)

Volume ekspor pati sagu Indonesia tahun 2017 yang mencapai 11.432,5 ton dan tahun 2018 sekitar 12.897,8 ton masih sangat kecil bila dibandingkan dengan impor tepung terigu yang pada tahun 2017 jumlahnya mencapai 8.408.812,4 ton dan tahun 2018 sebanyak 7.907.257,6 ton (BPS 2019). Gambaran perbandingan ekspor pati sagu dan impor empat produk gandum tahun 2017 dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 14.

Ekspor pati sagu Indonesia tahun 2015 dan 2018 didominasi untuk tujuan Jepang dan Malaysia. Ekspor pati sagu Indonesia ke Jepang tahun 2015 mencapai 5.220,0 ton dan tahun 2016 turun menjadi 3.742,2 ton, sementara ekspor pati sagu ke Malaysia tahun 2015 sebanyak 4.244.5 ton dan tahun 2016 turun menjadi 3.356,3 ton. Ekspor pati sagu Indonesia ke Malaysia pada tahun 2018 dengan volume sebanyak 9.955 ton, tercatat sebagai ekspor tertinggi untuk tujuan ke satu negara. Gambaran lengkap negara

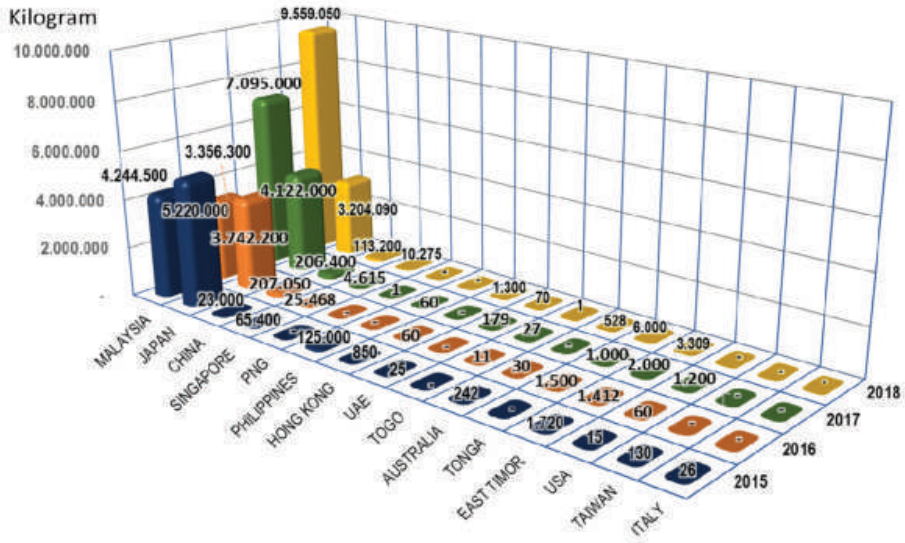


Gambar 14. Perbandingan volume ekspor sagu dan impor gandum Indonesia, 2017-2018 (Sumber: Badan Pusat Statistik)

Dalam periode 2015-2018 negara tujuan ekspor pati sagu Indonesia (HS No. 11081910) yang beratnya lebih dari 100 ton per tahun, ditujukan ke Jepang, Malaysia, China, dan Filipina. Dalam periode 2015–2018, Indonesia juga mengekspor dalam jumlah kecil (di bawah 100 ton/tahun) antara lain ke Singapura, Hong Kong, Timor Timur, AS, Tonga, Togo, UAE, Australia, Taiwan, dan Italia. Data lengkap tentang volume dan negara tujuan ekspor pati sagu Indonesia HS No. 11081910 tahun 2015 dan 2018 disajikan pada Gambar 15.

Dalam beberapa tahun terakhir, pati sagu mendapat perhatian khusus untuk menghasilkan etanol untuk bahan bakar karena

kekhawatiran terhadap ancaman perubahan iklim dan krisis energi pada masa mendatang. Diperkirakan tanaman jagung dan ubi kayu sebagai bahan baku etanol akan bersaing dalam menggunakan lahan untuk bahan pangan pokok dan untuk produksi bahan bakar. Kondisi ini tentu saja akan meningkatkan risiko terhadap ketahanan pangan. Sagu dapat menjadi alternatif pilihan karena dapat ditanam di lahan yang bagi tanaman pangan lain sulit tumbuh secara ekonomis.



Gambar 15. Negara tujuan ekspor pati sagu Indonesia, 2015-2018
(Sumber: Badan Pusat Statistik)

Bila produksi bahan bakar terbarukan yang terbuat dari pati sagu atau dari bahan alami lain dapat ditingkatkan maka penyerapan tenaga kerja, penghematan devisa, peningkatan pendapatan, dan pemanfaatan sumber daya sagu makin meningkat sehingga nilai tambah ekonominya semakin nyata. Juga bila terjadi krisis harga atau krisis suplai bahan bakar fosil, Indonesia akan mampu mengatasinya lebih baik dari negara-negara lain yang tidak memiliki sumber bahan bakar nabati. Secara ekonomi, bahan

bakar dari pati sagu masih kurang menarik. Namun, hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah bioetanol merupakan bahan bakar terbarukan, ramah lingkungan, yang dapat digunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil impor (yang persediaannya makin menipis).

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, B., Bintoro, M.H., Sudarsono, Surahman, M. & Ehara, H. 2009. Genetic relationship of sago palm Metroxylon sagu Rottb. in Indonesia based on RAPD markers. Biodiversitas 10(4):168–174.

Abbas, B., Renwarin, Y., Bintoro, M.H., Sudarsono & Surahman, M.. 2010. Genetic relationship of sago palm in Indonesia based on chloroplast DNA cpDNA markers. Biodiversitas 11(3):112–117.

Abbas, B. 2018. Sago Palm Genetic Resource Diversity in Indonesia. p. 61-71. *In* Ehara, H., Toyoda, Y. & Johnson D. (eds) Sago Palm. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_5

Abdullah, M.Z., Ean, Y.P., Shariza, A.R., Manan, D.M.A., Mutalib, M.J., Karim, A.A. & Mohd Azemi, B.M.N. 2002. Quality improvement of sago (Metroxylon sagu) starch processing. p 167–75. *In* Kainuma, K., Okazaki, M., Toyoda, Y. & Cecil, J.E., (ed.) Proceedings of the International Symposium on Sago (Sago 2001). Tokyo, Japan: Universal Academy Press Inc.

Agus, F. & Subiksa, I.G.M. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre ICRAF, Bogor.

Ahmad, F.A., Williams, P.A., Doublier, J.L., Durand, S. & Buleon, A. 1999. Physico-chemical characterisation of sago starch. Carbohydrate Polimers 38(4):361–370.

Ahmad, M. 2014. Farmer Empowerment to Increase Productivity of Sago (*Metroxylon sago* spp) Farming. International Journal on Advance Science Engineering Information Technology 4(3): 5-9.

Alexandratos, N. and J. Bruinsma. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. FAO, Rome.

Ali. 2015. Sagu Tanaman Kehidupan, Warisan Anak Cucu dan Investasi Masa Depan. http://www.halloriau.com/read-meranti-65623-2015-05-31-sagu-tanaman-kehidupan-warisan-anakcucu-dan-investasi-masa-depan.html. (Diakses 28 September 2019).

Ali, M. 2019. Dalam "Permintaan Meningkat, Harga Sagu di Sultra Mulai Naik". sulawesi.bisnis.com. https://sulawesi.bisnis.com/read/20190228/540/894865/permintaan-meningkat-harga-sagu-di-sultra mulai-naik. Diakses 28 September 2019.

Amarilis, S., Bintoro, M.H. & Lontoh, A.P. 2009. Aspek pengendalian gulma di perkebunan sagu di PT. National Timber and Forest Product, Selat Panjang. Riau. Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB.

Amran. 2018. Dalam "Pak Bupati, Petani Sagu di Lingga Butuh Perhatian". www.batamnews.co.id https://www.batamnews.co.id/berita-36637-pak-bupati-petani-sagu-di-lingga-butuh-perhatian.html. Diakses 28 September 2019.

Andani, R.K. 2009. Pengelolaan Jumlah Anakan Tanaman Sagu di PT. National Timber and Forest Product, HTI Murni Sagu Selat Panjang, Riau. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

Anthonysamy, S.M., Saari, N.B., Muhammad, K., Bakar, F.A. & Muse, R. 2004. Browning of sago (Metroxylon sagu) pith slurry as influenced by holding time, pH and temperature. Journal of Food Biochemistry 28(2):91–99.

Azudin, M.N. & Lim, E-TK.1991. Anevaluation of thequality of sagostarch produced in Sarawak. p 149–52. *In* Ng, T-T, Tie, Y-L, & Kueh H-S. (ed.) Proceedings of the Fourth International Sago Symposium. Sarawak, Malaysia: Ministry of Agriculture & Community Development and Dept. of Agriculture.

Barahima. 2006. Keragaman Genetic Tanaman Sagu di Indonesia Berdasarkan Penanda Molekuler Genom, Kloroplas dan Genom Inti. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.

Barrau, J. 1959. The sago palm and other food plants of marsh dwellers in the South Pacific Islands. Economic Botany 13:151–159.

Bintoro, H.M.H. 2008. Bercocok Tanam Sagu. IPB Press, Bogor.

Bintoro, H.M.H. 2011. Progress of sago research in Indonesia. *In* Siregar ZI et al. (Ed) The 10th international Sago Symposium "Sago for food security, bio-energy and industry: from research to market", IPB international convention center. Bogor. The Indonesian Sago Palm Society.

Bintoro, H.M.H., Purwanto, Y.J. & Amarillis, S. 2010. Sagu di Lahan Gambut. IPB Press, Bogor.

Bintoro, H.M.H., Amarilli, S., Dewi, R.K. & Ahyuni, D. 2013. Sagu Mutiara Hijau Khatulistiwa yang Dilupakan. Digreat Publishing, Bogor.

BPPS Maluku. 2009. Mapping and Potential Stockpile of Sago Palm in Tutuk Tolu-Eastern Seram, Western Seram, Saparua-Central Seram, and Namrole-Southern Buru islands. Research Report. Cooperation Project Research of Maluku Province Agricultural Agency Office and Maluku Sago Research and Development Board, Ambon. Maluku. in Indonesian.

CBS. 2012. Maluku in figures. Statistical Centre Board and Maluku Regional Development Planning Agency, Ambon, Maluku

Cecil, J.E. 1992. Small-, medium-and large-scale starch processing, FAO Agricultural Service Bulletin 98.

Cecil, J.E., Lau, G., Heng, H. & Ku, C.K. 1982. The Sago Starch Industry; A Technical Profile, Based on a Preliminary Study Made in Sarawak. London. Tropical Product Institute.

Colon, F.J. & Annokke, G.J. 1984. Survey of some processing route

of sago. *In* Proc. the expert consultation of the sago palm and palm products. Jakarta. January 16–21.

Darma, Istalaksana, & Andreas 2010. Prototipe alat pengekstrak pati sagu tipe mixer rotary blade bertenaga motor bakar. Agritech 30(4):204–211.

Darma, Wang, X. & Kito, K. 2014. Development of sago starch extractor with stirrer rotary blade for improving extraction performance. International Journal Agricultural Engineering 6(5):2472–2481.

Dewi, R.K., Bintoro, M.H. & Sudradjat. 2016. Karakter Morfologi dan Potensi Produksi Beberapa Aksesi Sagu (Metroxylon spp.) di Kabupaten Sorong Selatan, Papua Barat. Jurnal Agronomi Indonesia 44(1): 91-97. https://doi.org/10.24831/jai.v44i1.12508

Djoefrie, M.H.B. 1999. Pemberdayaan Tanaman Sagu Sebagai Penghasil Bahan Pangan Alternatif dan Bahan Baku Agroindustri yang Potensial dalam Rangka Ketahanan Pangan Nasional. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Tanaman Perkebunan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor. 69 hlm.

Djoefrie, M.H.B., Herodian, S., Ngadiono, Thoriq, A. & marillis, S. 2014. Sagu Untuk Kesejahteraan Masyarakat Papua: Suatu Kajian dalam Upaya Pengembangan Sagu Sebagai Komoditas Unggulan di Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat. Unit Percepatan Pembangunan Papua dan Papua Barat, Jakarta.

Ehara, H. 2015a. Taxonomy. Dalam “The sago palm: the food and environmental challenges of the 21st Century”. Kyoto University Press, Kyoto and Trans Pacific Press, Melbourne, pp 1–16.

Ehara, H. 2015b. Use of trunk apex. Dalam “The sago palm: the food and environmental challenges of the 21st Century”. Kyoto

University Press, Kyoto and Trans Pacific Press, Melbourne, pp 302-304.

Ehara, H., Toyoda, Y., Johnson, D.V. & Okazaki, M. 2018. Sago supports the welfare of human and the planet: Commemoration of SAGO 2015 Tokyo. Preface. *In* Hiroshi Ehara, Yukio Toyoda, Dennis V. Johnson (Eds). Sago Palm - Multiple Contributions to Food Security and Sustainable Livelihoods. Singapore, Springer Nature.

Ehara, H., Naito, H., Mizota, C. & Ala P. 2003. Agronomic features of *Metroxylon* palms growing on Gaua in the Banks Islands, Vanuatu. Sago Palm 11:14–17.

Ellen, R. 2004. Processing *Metroxylon sagu* Rottboell (Arecaceae) as a technological complex: a case study from South Central Seram, Indonesia. Economic Botany 58(4):601–625.

Ellen, R. 2006. Local knowledge and management of sago palm (*Metroxylon* sagu Rottboell) diversity in South Central Seram, Maluku, Eastern Indonesia. Journal of Ethnobiology 26(2):258–298.

FAO. 2009. Feeding the World in 2050. Rome, Italy. WSFS Secretariat.

FAO, IFAD & WFP. 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. FAO, Rome.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2019. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. FAO, Rome.

Flach, M. 1983. The Sago Palm: Domestication, Exploitation, and Product. FAO Plant Production and Protection, Rome.

Flach, M. 1997. Sago palm *Metroxylon sagu* Rottb. Promoting The Conservation And Use Of Underutilized And Neglected Crops. IPGRI, Rome, Italia.

Flach, M, & Schuiling, D.L. 1988. Revival of an ancient starch crop: a review of the agronomy of the sago palm. Agroforestry System 7:259–281. https://doi.org/10.1007/BF00046972

Flach, M. & Schuiling, D.L. 1991. Growth and yield of sago palms in relation to their nutritional needs. p.103–110. *In* Ng, T.T., Tie, Y.L., & Kueh, H.S. (Eds.) Proceedings of the fourth international sago symposium. Kuching, Sarawak, Malaysia.

Flach, M., Braber, K.D., Fredrix, M.J.J., Monster, E.M., & van Hasselt, G.A.M. 1986. Temperature and relative humidity requirements of young sago palm seedlings. p. 139–143. *In* Yamada, N., Kainuma, K. (Ed.) Proceedings of the Third International Sago Symposium. Sago Palm Research Fund, Tokyo.

Flach, M. 1984. Agronomy of sago based on cropping system: a preliminary approach. *In* Proceedings of the FAO/BPPT Expert Consultation on The development of Sago Palm and Palm Product. January 16–21, Jakarta.

Flores, DM. 2009. From the sago log to the table: An alternative method of sago flour processing. In Bujang, K, et al. (Eds.). Current Trend and Development in Sago Research. Proceeding 1st ASEAN Sago Symposium. Kuching, Sarawak. 29 - 30th October 2009.

Fujii, S., Kishibara, S., Tamaki, H., Komoto, M. 1986. Studies on the Improvement of Sago Starch Quality: 2. Effect of Manufacturing Conditions on the Quality of Sago Starch, in "Science Reports of the Faculty of Agriculture", Kobe University, Japan in 1986. p. 97-106.

Girsang, W. and Papilaya E.C. 2009. Improvement of sago competitiveness for food security in Maluku. dalam Lilis, N (Eds). Proceeding Investing in Food Quality, Safety and Nutrition. Southeast Asian Food Science and Technology SEAFAST Centre, Bogor Agricultural University, Bogor.

Girsang, W. 2018. Feasibility of Small-Scale Sago Industries in the Maluku Islands, Indonesia. *In* Ehara, H. et al. (Eds.), Sago Palm, https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_8.

Hamanishi, T., Hatta, T., Jong, F.S., Takahashi, S. & Kainuma, K. 1999. Physiochemical properties of starches obtained from various parts of sago palm trunks at different growth stages. Journal of Applied Glocoscience 46(1):39–48. https://doi.org/10.5458/jag.46.39.

Hamanishi T, Hatta T, Jong FS, Kainuma K & Takahashi S. 2000. The relative crystallinity, structure and gelatinization properties of sago starches at different growth stages. Journal of Applied Glocoscience 47(3-4):335–341. https://doi.org/10.5458/jag.47.335.

Hamanishi, T., Hirao, K., Nishizawa, Y., Sorimachi, H., Kainuma, K. & Takahashi, S. 2002. Physicochemical properties of sago starch compared with various commercial starches. p 289–292. *In* Kainuma, K., Okazaki, M., Toyoda, Y. & Cecil, J.E. (Ed.) New frontiers of sago palm studies: proceedings of the international symposium on sago. Universal Academy Press, Tokyo.

Harsanto, P.B. 1986. Budidaya dan Pengelolaan Sagu. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Haryanto, B., & Pangloli, P. 1992. Potensi dan pemanfaatan sagu. Penerbit Kanisius, Yogjakarta.

Haryanto, B., Mubekti & Agus T.P. 2015. Potensi dan pemanfaatan pati sagu dalam mendukung ketahanan pangan di Kabupaten Sorong Selatan Papua Barat. Pangan 24(2): 97-106.

Haska, N., Pranamuda, H. & Yamamoto, Y. 2007. Karakteristik fotosintesis dan serapan CO2 dari Palma Sagu (Metroxylon sagu, Rottb). Hlm. 95-99. *Dalam* Prosiding Lokakarya Pengembangan Sagu di Indonesia. Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Hatta, T., Nemoto, S., Hamanishi, T., Yamamoto, K., Takahashi, S., & Kainuma, K. 2002. The Uppermost surface structure of sago starch granules. p 349–354. *In* Kainuma, K., Okazaki, M., Toyoda, Y., & Cecil, J.E. (Eds.) New Frontiers of Sago Palm Studies: Proceedings of the International Symposium on Sago. Universal Academy Press, Tokyo.

Hendriadi, A. 2019a. Dalam "Kementan Kembangkan Industri Pangan Singkong, Sagu, & Jagung". www.gatra.com. https://www.gatra.com/detail/news/432383/Economy/kementan-kembangkan-industri-pangansingkong-sagu--jagung. Diakses 28 September 2019.

Hendriadi, A. 2019b. "Pengembangan Tepung Jadi Kunci Diversifikasi Pangan". www.gatra.com. https://www.gatra.com/detail/news/432356/Economy/pengembangan-tepung-jadi-kunci-diversifikasipangan.

Hirao, K. 2015. Use as Food, Starch Properties and use, the Sago Palm. Kyoto, Japan. The Society of Sago Palm Studies. Kyoto University Press, Kyoto.

Hirao, K., Tomoko, K., Keiji, K. & Setsuko T. 2018. Starch properties and uses as food for human health and welfare. *In* Ehara, H. et al. (Eds.), Sago Palm. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_21.

Ishizaki, A. 1997. Concluding remarks for the 6th International Sago Symposium. Riau Indonesia. Sago Commun 82:22–24.

Ishizaki, A. 1998. Concluding remarks. *In* Jose, C. & Rasyad, A. (Ed.). Proceedings of the 6th International Sago Symposium. Pekanbaru, Riau.

Iskandar, M. 2016a. Dalam "Perhutani Operasikan Pabrik Sagu Terbesar di Indonesia". www.beritasatu.com. https://www.beritasatu.com/ekonomi/337299/perhutani-operasikan-pabrik-sagu-terbesar-di-indonesia. Diakses 28 September 2019.

Iskandar, M. 2016b. Dalam "Jual Sagu Hingga ke China, Perhutani Targetkan Omzet Rp 100 M/Tahun". finance.detik.com. https://finance.detik.com/industri/d-3109285/jual-sagu-hingga-ke-china-perhutani-targetkan-omzet-rp100-mtahun. Diakses 28 September 2019.

Jaya, A. 2017. Dalam "Produksi Sagu Kendari Diminati Daerah Lain". sultra.antaranews.com. https://sultra.antaranews.com/berita/290166/produksi-sagu-kendari-diminati-daerah-lain. Diakses 28 September 2019.

Johnson, D. 1977. Distribution of sago making in the old world. p 65–75. *In* Tan, K. (Ed.) Proceedings of the first international sago symposium, Kuching, July 5–7, 1976.

Jong, F.S. 1995. Research for the Development of Sago Palm *Metroxylon sagu* Rottb., Cultivation in Sarawak, Malaysia. PhD Thesis. Wageningen Agricultural University.

Jong, FS. 2018. An overview of sago industry development, 1980s–2015. *In* Ehara H. et al. (Ed.) Sago Palm. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_6.

Kainuma, K. 2015. Potential use of sago starch. p. 289–295. *In* The sago palm, the food and environmental challenges of the 21st century. Kyoto University Press, Tokyo.

Karim, A.A., Tie, A.P.L., Manan D.M.A., & Zaidul, I.S.M. 2008. Starch from the sago (*Metroxylon sagu*) palm tree-properties, prospects, and challenges as a new industrial source for food and other uses. Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety 7(3):215–228. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00042.x.

Kawabata, A., Sawayama, S., Nagashima, N., Rosario, R.R. & Nakamura, M. 1984. Some physic-chemical properties of starches from cassava, arrowroot and sago. Journal of the Japanese Society of Starch Science 31(4):224–232. https://doi.org/10.5458/jag1972.31.224.

Kertopermono, A.P. 1996. Inventory and Evaluation of Sago Palm (Metroxylon sp. distribution. Sixth International Sago Symposium. Pekanbaru 9–12 Dec 1996, pp 59–68.

Kjaer, A., Barfod, A.S., Asmussen, C,B., & Seberg O. 2014. Investigation of genetic and morphological variation in the sago palm *Metroxylon sagu*; Arecaceae in Papua New Guinea. Annals Botany 94(1):109–117. https://dx.doi.org/10.109/Faob/Fmch112

Kim, G. 2019. Biofuels Annual - China Will Miss E10 by 2020 Goal by Wide Margin. USDA FAS. GAIN Report Number: CH19047

Kondo, T. 2015. Utilization of sago palm starch. p. 259–289. *In* The Sago Palm, the Food and Environmental Challenges of the 21st Century. Kyoto University Press, Tokyo.

Konuma, H. 2014. Studies on the Characteristics of Sago Starch in Relation to Growth Environment of Sago Palm *Metroxylon sagu* Rottb. and its Value Addition to Wheat Flour as a Food Starch Ingredient. Dissertation. University of Tsukuba, Japan.

Konuma, H. 2018. Status and outlook of global food security and the role of underutilized food resources: sago palm. *In* H. Ehara et al. (ed.) Sago Palm. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_1.

Kueh, H.S., Elone, R., Yiu-Liong, T., et al. 1991. The feasibility of plantation production of sago Metroxylon sagu on an organic soil in Sarawak. p. 127–136 *In* Ng, T.T., Tie, Y.L. & Kueh, H.S. (Ed.) Proceedings of the Fourth International Sago Symposium, Kuching, Sarawak, Malaysia. Lee Ming Press, Kuching.

Louhenapessy, J.E. 1993. Sagu di Maluku (Potensi, Kondisi, Lahan dan Permasalahannya). *Dalam* Pemanfaatan dan Pengelolaan Hutan Sagu dalam Rangka Pengembangan Bagian Timur Wilayah Indonesia Khususnya Provinsi Maluku. Prosiding Simposium Sagu Nasional.Ambon

12-13 Oktober 1992. Fakultas Pertanian. Universitas Pattimura. Ambon.

Mansyur. 2017. Dalam "Produksi Sagu Kendari Diminati Daerah Lain". sultra.antaranews.com. https://sultra.antaranews.com/berita/290166/produksi-sagu-kendari-diminati-daerah-lain. Diakses 28 September 2019.

Matanubun, H. 2015. Folk taxonomy of sago palm varieties around Sentani Lake, Jayapura, Papua Province, Indonesia. In Paper presented at the 12th international sago symposium, Tokyo, September 15–16, 2015.

McClatchey, W.C. 1998. A new species of *Metroxylon* Arecaceae from Western Samoa. Novon 8:252–258.

Menteri Pertanian RI. 2013. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 134/Permentan/OT.140/12/2013, Tentang Pedoman Budidaya Sagu (*Metroxylon* Spp) yang Baik.

Ming, R.Y.C., Sobeng, Y., Zaini, F. & Busri, N. 2018. Suitability of Peat Swamp Areas for Commercial Production of Sago Palms: The Sarawak Experience. *In* H. Ehara et al. (Ed.) Sago Palm. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_7.

Mishima, T. 2018. New Sago Palm Starch Resources and Starch Pith Waste Properties. *In* H. Ehara et al. (Eds.), Sago Palm. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_23.

Miyazaki, T. 1999. Cooking characteristics of sago starch: its physical properties by sago starch types and the breaking properties of sago noodles. Thesis. Kyoritsu Women's University Faculty of Home Economics.

Murod, M. 2019. Dalam "Kepulauan Meranti Sukses Kembangkan Sagu". www.gatra.com. https://www.gatra.com/detail/news/432429/ekonomi/kepulauan-meranti-sukses-kembangkan-sagu. Diakses 28 September 2019.

Nasir, I. 2015. Dalam "Sagu Tanaman Kehidupan, Warisan Anak Cucu dan Investasi Masa Depan". www.halloriau.com. http://www.halloriau.com/read-meranti-65623-2015-05-31-sagu-tanaman-kehidupan-warisan-anakcucu-dan-investasi-masa-depan.html. Diakses 28 September 2019.

Nitta, Y., Matsuda, T., Miura, R. et al. 2005. Anatomical leaf structure related to photosynthetic and conductive activities of sago palm. p. 105–112. *In* Karafir, Y.P., Jong, F.S., & Fere, V.E. (ed.) Sago Palm Development and Utilization: Proceedings of the 8th International Sago Symposium. Universitas Negeri Papua Press, Manokwari.

Notohadiprawiro, T, Louhenapessy, JE. 1992. Potensi sagu dalam penganekaragaman bahan pangan pokok ditinjau dari persyaratan lahan. p. 99–106. *Dalam* Prosiding Simposium Sagu Nasional. Fakulas Pertanian Universitas Pattimura. Ambon.

Novarianto, H., Tulalo, M.A., Kumaunang, J., Manaroinsong, E., & Sulistyowati, E. 2016. Seleksi dan pelepasan varietas Selatpanjang Meranti untuk pengembangan sagu. Jurnal Metroxylon Indonesia 1(1): 1-9.

Nozaki, K., Nuyim, T., Shinano, T., Hamada, S.. Ito, H., Matsui, H., & Osaki, M. 2004. Starch properties of the sago palm Metroxylon sagu Rottb. in different soils. Plant Foods for Human Nutrition 59:85–92.

Omori, K., Yamamoto, Y., Nitta, Y., Yoshida, T., Kakuda, K., & Jong, F.S. 2000. Stomatal density of sago palm Metroxylon sagu Rottb. with special reference to positional differences in leaflets and leaves, and change by palm age. Sago Palm 8:2–8.

Ormuseray, YY. 2018. Dalam "Papua Mesti Bangun Hutan Sagu Budi Daya agar Industri Bisa Masuk". kumparan.com. https://kumparan.com/@kumparanbisnis/papua-mesti-bangun-hutan-sagu-budi-daya-agar-industribisa-masuk-1544269564015557072. Diakses 28 September 2019.

Papilaya, E.C. 2009. Sagu untuk Pendidikan Anak Negeri. IPB Press, Bogor.

Rauwerdink, J.B. 1986. An essay on Metroxylon, the sago palm. Principles: Journal of the International Palm Society 30(4):165–180.

Ruddle, K. 1979. The geographical distribution of sago-producing palms. Bulletin National Museum of Ethnology 3(3): 572–594.

Ruddle, K., Johnson, D., Townsend, P.K. & Rees, J.D. 1978. Palm Sago a Tropical Starch from Marginal Lands. University Press of Hawaii, Honolulu.

Sanusi, A. 2006. Formulasi Sagu Instan Sebagai Makanan Tinggi Kalori. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Sarwani, M., Widjaja-Adhi I.P.G. 1994. Penyusutan lahan gambut dan gampaknya terhadap produktivitas lahan pertanian di sekitarnya. Kasus Delta Pulau Petak Kalimantan Selatan. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional 25 Tahun Pemanfaatan Lahan Gambut dan Pengembangan Kawasan Pasang Surut. Jakarta,14-15 Desember 1994.

Schuiling, D.L. 2009. Growth and Development of True Sago Palm Metroxylon sagu Rottboll. with Special Reference to Accumulation of Starch in the Trunk. Thesis. Wageningen University.

Schuiling, D.L.& Flach, M. 1985. Guidelines for the Cultivation of Sago Palm. Department Tropical Crop Science, Agricultural University, Wageningen.

Sialana, A.S. 2007. Teknologi sederhana produksi tepung sagu kering dan preferensi kosumen terhadap produk sagu: Sebuah Kajian. Seminar Nasional Akselerasi Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Ketahanan Pangan

di Wilayah Kepulauan, Ambon 29-30 Oktober 2007. BPTP Maluku.

Sim, E.S. & Ahmed, M.I. 1991. Leaf nutrient variations in sago palms. *In* Ng, T.T. et al. (Ed.) Proceedings of the fourth international sago symposium. Lee Ming Press Kuching, Sarawak, Malaysia. pp 92–102.

Singhal, R.S., Kennedy, J.F., Gopalakrishnan S.M., kaczmarek, A., Knill, C.J. & Akmar, P.F. 2008. Industrial production, processing, and utilization of sago palm-derived products. Carbohydrate Polymers 72(1):1–20.

Sompongse, W., Morioka ,K., Yamamoto, Y. & Itoh, Y. 2006a. Comparison of the effect of sago starch and potato starch on the texture properties of gels cooked from walleye pollack frozen surimi. Sago Palm 14:45–52.

Sompongse, W., Morioka, K., Yamamoto, Y. & Itoh, Y. 2006b. Effect of the heating temperature on the of textural properties of sago starch-containing gels cooked from walleye pollack frozen surimi. Sago Palm 14:53–58.

Sriroth, K., Kijkhunasatian, C., Chotineeranat, S., Sangseethong, K., & Oates, C.G. 2002. Application of ozone in the sago starch industry. *In* Kainuma, K.et al. (ed). Proceedings of the International Symposium on Sago (Sago 2001). Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan: p 343–348.

Stanton, WR. 1979. Sago and Enviromental. *In* Stanton, WR and M. Flach (Ed.). "Sago, the Equatorial Swamp as Natural Resource". Kualalumpur. Malaysia. Proceeding of the second International Sago Symposium.

Suharno. 2015. Sagu Pangan Pokok dari Sulawesi Tenggara. https://tabloidsinartani.com/detail/ indeks/komoditi/2348-sagu-pangan-pokok-dari-sulawesi-tenggara. Diakses 28 September 2019.

Suitela, GR. 2015. Dalam "Kisah di Balik Pembangunan Pabrik Sagu Terbesar RI di Papua Barat". https://finance.detik.com/industri/d-3108105/kisah-di-balik-pembangunan-pabrik-sagu-terbesar-ri-dipapua-barat. Diakses 28 September 2019.

Tie, Y.L., Jaman, H.J.O. & Kueh HS. 1987. Performance of sago Metroxylon sagu on deep peat. *In* Proceedings of 24th research officer's conference. Department of Agriculture, Sarawak, pp 105–118.

Tie A.P.L. 2004. Physico-chemical Properties of Sago Starch in Sago Palm (Metroxylon sagu) at Different Growth Stages. Thesis. School of Industrial Technology, Univ. Sains Malaysia.

Toyoda, Y. 2015. Social role of sago palm. pp 326–330 *In* The sago palm—the food and environmental challenges of the 21st century. The Society of Sago Palm Studies. Kyoto University Press, Kyoto.

Toyoda, Y., Todo, R. & Toyohara, H. 2005. Sago as food in the Sepik area, Papua New Guinea. Sago Palm 12:1–11.

Turukay, B. 1986. The role of the sago palm in the development of integrated farm system in Maluku Province of Indonesia. p. 7–15. *In* Uamada, N., Kainuma, K. (ed.) Procceding 3rd international sago symphosium. Tokyo, May 20–23, 1985.

Uchida, N., Kobayashi S., Yasuda T. & Yamaguchi T. 1990. Photosynthetic characteristics of sago palm, Metroxylon rumphii Martius. Japan Journal of Tropical Agriculture 34:176–180.

Wahyuningtyas, RS. 2019. Dalam "Melihat Pengolahan Sagu, Sumber Pangan dari Lahan Basah di Kalimantan Selatan". www.forda-mof.org. http://www.forda-mof.org/berita/post/5953-melihat-pengolahan-sagu-sumber-pangan-dari-lahanbasah-di-kalimantan-selatan. Diakses 28 September 2019.

Wally, S. 2018. Dalam "Mengunjungi Kampung Yoboi, Daerah di Papua yang Hidup dari Hutan Sagu". kumparan.com. https://kumparan.com/@kumparanbisnis/mengunjungi-kampung-yoboi-daerah-di-papua-yang-hidupdari-hutan-sagu-1544143609435102971. Diakses 28 September 2019.

Wang, W.J., Powell, A.D. & Oates, C.G. 1996. Sago starch as a biomass source: raw sago starch hydrolysis by commercial enzymes. Bioresource Technology 55(1):55–61.

Welch, D.N. & Nor, M.A.M. 1989. Drainage works on peat in relation to crop cultivation - a review of problems. Malaysian Soc. Soil Sci. National Seminar on Soil Management for Food and Fruit Crop Production, 28-29 March 1989, Kuala Lumpur.

Welirang, F. 2019. Dalam "Kepulauan Meranti Sukses Kembangkan Sagu". www.gatra.com. https://www.gatra.com/detail/news/432429/ekonomi/kepulauan-meranti-sukses-kembangkan-sagu. Diakses 28 September 2019.

Welkom, S.J. 2018. Pengembangan Usaha Pengolahan Pati Sagu (Metroxylon Sp.) di Kabupaten Halmahera Barat Provinsi Maluku Utara. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bandung.

Widjono, A., Mokay, Amisnaipa, Y., Lakuy, H., Rouw, A. & Wihyawari, P. 2000. Jenis-jenis Sagu Beberapa Daerah Papua. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.

Yamamoto, Y. 2011. Starch productivity of sago palm and related factors. p. 10–15. *In* Proceeding of the 10th international sago symposium Bogor, Indonesia.

Yamamoto, Y. 2015. Preface. p 29–32. *In* Smith, K. (Ed.). The sago palm, the food and environmental challenges of the 21st century. Kyoto University Press, Tokyo.

Yamamoto, Y. 2018. Outcomes and Recommendations from the 12th International Sago Symposium. pp 319-330. *In* Hiroshi, E. et al (Eds.). Sago Palm: Multiple Contributions to Food Security and Sustainable Livelihoods. Singapore: Springer Nature.

Yamamoto, Y., Yoshida, T., Miyazaki, A., Jong, F.S., Pasolon, Y.B. & Matanubun, H. (2005) Biodiversity and productivity of several sago palm varieties in Indonesia. p. 35-40. *In* Karafir Y.P.et al. (Eds.) Sago palm development and utilization. Proceeding of the Eight International Sago Symposium in Jayapura, Indonesia. Jayapura, 4-6 Agustus 2005.

Yamamoto, Y., Omori K. & Yoshida, T. et al. 2008. The annual production of sago Metroxylon sagu Rottb. starch per hectare. p 95–101. *In* Toyoda et al. (ed.). Sago: its potential in food and industry. Proceedings of 9th international sago symposium. Baybay, July 19-21,2007.

Yang, X., Barton, H.J., Wan, Z. Li, Q, Ma, Z., Li, M., Zhang, D. & Wei, J. 2013. Sago-type palms were an important plant food prior to rice in southern subtropical china. PLoS One 85:e63148. doi:10.1371/journal.pone.0063148.

Yokota, T., Kondo, T., Hirao, K. & Takahashi, S. 2015. Physical properties and sensory attributes of Japanese udon noodles made from sago starch, the 12th international symposium 2015. Sago Palm 23:46.

SAGU

(*Metroxylon sagu* Rottb.)

Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) merupakan tanaman penghasil pati yang selama ini belum banyak dikenal oleh masyarakat dunia. Dari produksi pati dunia yang mencapai lebih dari 70 juta ton per tahun, berasal dari jagung, gandum dan kentang. Namun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan pati semakin meningkat, baik untuk kebutuhan pangan maupun untuk industri non pangan. Dengan demikian pati sagu memiliki peluang untuk memperoleh bagian di pasar pati dunia. Beberapa sifat pati sagu adalah: butirannya yang besar, warna gel transparan, daya mengembangnya tinggi, tidak mengandung gluten, dan lambat melepas kandungan gulanya. Indonesia memiliki wilayah tempat tumbuh pohon sagu terluas, diikuti oleh Papua New Guinea, Malaysia, Thailand, Filipina, dan negara-negara Kepulauan Pasifik. Dari sekitar 2,5 juta hektar tanaman sagu, sekitar 50% terdapat di Indonesia, terutama di wilayah Papua, Maluku, Sulawesi, Riau. Pengembangan industri pangan dan non pangan berbasis sagu mempunyai prospek yang cukup besar untuk menjadi sumber pendapatan negara.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian

Pertanian
ISBN 978-602-322-043-4
9 786023 220434