

# TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN PASCAPANEN SAGU



**Penyusun:**

Muhammad Syakir, Hengky Novarianto  
Abner Lay, Nurhaini Mashud, Rindengan Barlina  
Stefanie Karouw, Meldy L.A. Hosang

# **TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN PASCAPANEN SAGU**



# TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN PASCAPANEN SAGU

**Penyusun:**

MUHAMMAD SYAKIR  
HENGKY NOVARIANTO  
ABNER LAY  
NURHAINI MASHUD  
RINDENGAN BARLINA  
STEIVIE KAROUW  
MELDY L.A. HOSANG



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN**

TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN PASCAPANEN SAGU  
Cetakan 2014

Hak cipta dilindungi undang-undang  
©Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2014

---

Katalog dalam terbitan

---

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN**

Teknologi budi daya dan pascapanen sagu/ Penyusun, Muhammad Syakir...[*et al.*]; Penyunting, Elna Karmawati dan Ika Mariska Sudharman.--Jakarta: IAARD Press, 2014.

xi, 140 hlm.: ill.; 21 cm

633.683

1. Sagu 2. Teknologi 3. Budi daya 4. Pascapanen  
I. Syakir, Muhammad II. Judul

---

ISBN 978-602-344-014-6

Disain Sampul dan Tata Letak: Agus Budiharto

**IAARD Press**

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540  
Telp.: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian  
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122  
Telp.: +62 251 8321746 Faks.: +62 251 8326561  
e-mail: [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)

Anggota IKAPI No. 445/DKI/2012

## PRAKATA

Sagu merupakan salah satu komoditas perkebunan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Walaupun sagu belum dibudidayakan seperti halnya tanaman perkebunan lainnya, produktivitas sagu dapat ditingkatkan melalui sentuhan teknologi. Penerapan teknologi yang tepat dan lebih baik, seperti penggunaan varietas unggul, budi daya yang baik mulai dari penyediaan bahan tanaman, persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, rehabilitasi hamparan hutan sagu, sampai panen dan pengolahan hasil berpotensi meningkatkan produktivitasnya menjadi 15-20 t/ha.

Sagu mengandung karbohidrat yang cukup penting dan menempati urutan keempat setelah ubi kayu, jagung, dan ubi jalar. Keunggulan pati sagu yang tidak dimiliki pati dari tanaman lain yaitu pada keadaan basah dengan kadar air sekitar 33 % dapat tahan disimpan selama 2- 3 bulan. Ditinjau dari kandungan gizinya, sagu tergolong berkadar protein rendah, namun daya terima sagu sebagai bahan substitusi pada beberapa produk makanan olahan (*snack, noodles, gel* dan lain-lain) cukup baik. Ini menunjukkan bahwa potensi sagu dapat ditingkatkan melalui teknologi pengolahan makanan. Dari sagu juga dapat diperoleh produk energi terbarukan etanol dan biogas serta produk-produk lainnya seperti *biodegradable plastic*, pupuk organik, dan herbisida organik.

Semoga penerbitan buku ini dapat mendorong masyarakat tani atau *stakeholder* lainnya untuk mengembangkan tanaman sagu di Indonesia.

Bogor, Oktober 2014

Penyusun



# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar .....	xi
I. PENDAHULUAN .....	1
II. SYARAT TUMBUH .....	7
2.1. Iklim .....	7
2.2. Tanah .....	8
III. VARIETAS UNGGUL SAGU.....	9
3.1. Koleksi Plasma Nutfah .....	9
3.2. Varietas Unggul Sagu .....	12
3.2.1. Varietas sagu molat .....	13
3.2.2. Varietas sagu selat panjang meranti .....	13
3.3.3. Varietas sagu baruk .....	15
3.3. Ketersediaan Bahan Tanaman .....	15
IV. BUDI DAYA SAGU .....	21
4.1. Persiapan Bahan Tanaman .....	21
4.1.1. Konvensional .....	21
4.1.2. Teknik kultur jaringan .....	26
4.2. Persiapan Lahan .....	28
4.2.1. Pembukaan hutan .....	28
4.2.2. Pengelolaan tata air .....	28
4.2.3. Pembuatan blok .....	29
4.3. Pengajiran dan Pembuatan Lubang Tanam .....	29
4.4. Penanaman .....	30
4.5. Pemeliharaan Tanaman .....	31
4.5.1. Pemeliharaan blok (tebas lorong) .....	31
4.5.2. Penjarangan dan penyulaman .....	31
4.5.3. Pengendalian gulma .....	33
4.5.4. Pemupukan .....	33
4.5.5. Pengendalian hama dan penyakit .....	36
4.6. Rehabilitasi hamparan sagu .....	37

V. PANEN DAN PENGOLAHAN .....	39
5.1. Panen .....	39
5.2. Pengolahan .....	42
VI. PRODUK PANGAN DAN ENERGI TERBARUKAN .....	47
6.1. Produk Pangan .....	47
6.1.1. Biskuit .....	49
6.1.2. Roti .....	53
6.1.3. Sagu instan .....	57
6.1.4. Kue kering “Bagea” Amurang .....	61
6.1.5. Mi sagu .....	64
6.1.6. Sagu mutiara .....	68
6.1.7. Kerupuk sagu .....	69
6.1.8. Beras analog sagu .....	70
6.1.9. Sirup glukosa dari sagu .....	71
6.1.10. Pati resisten .....	72
6.1.11. Popeda .....	73
6.1.12. Ulat sagu sebagai sumber pangan .....	75
6.2. Produk Energi Terbarukan .....	81
6.2.1. Etanol .....	81
6.2.2. Biogas .....	96
VII. PRODUK LAINNYA .....	99
7.1. Biodegradable Plastic .....	99
7.2. Pupuk Organik .....	99
7.3. Limbah Sagu Sebagai Herbisida Organik .....	105
DAFTAR PUSTAKA .....	107
GLOSSARY .....	121
INDEKS .....	129
BIODATA PENULIS .....	131

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Karakteristik dan potensi hasil beberapa jenis sagu unggul .....	16
Tabel 2.	Jenis dan dosis pupuk tanaman sagu berdasarkan umur tanaman di lahan gambut .....	35
Tabel 3.	Dosis pupuk tanaman sagu berdasarkan umur tanaman di lahan mineral (rawa) .....	36
Tabel 4.	Rata-rata jumlah rumpun per plot (20m x20 m) berdasarkan jenis/tipe sagu .....	40
Tabel 5.	Jumlah tanaman berdasarkan tinggi pohon sebelum dan saat panen pada beberapa tipe sagu <i>Metroxylon</i> sp. dan <i>Arenga</i> sp. ....	41
Tabel 6.	Komposisi biskuit sagu dengan penambahan VCO dan margarin .....	53
Tabel 7.	Nilai gizi mi sagu dan mi instan terigu .	67
Tabel 8.	Hasil analisis sifat fisikokimia beras sagu .....	71
Tabel 9.	Kadar gula dan kadar etanol sagu .....	84
Tabel 10.	Hasil pengolahan etanol sagu dengan destilator-dehidrator sistem sinambung	85
Tabel 11.	Kinerja alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda .....	94



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Penampilan tanaman sagu .....	6
Gambar 2.	Anakan yang memenuhi syarat dijadikan sebagai bahan tanaman .....	24
Gambar 3.	Pesemaian dan pembibitan sagu menggunakan rakit dari bambu .....	26
Gambar 4.	Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu .....	44
Gambar 5.	Pati sagu basah (a) dalam kemasan tradisional dan pati sagu kering (b) dalam kemasan plastik .....	48
Gambar 6.	Diagram alir pengolahan biskuit sagu	51
Gambar 7.	Biskuit menggunakan 80% pati sagu dan 20% terigu .....	52
Gambar 8.	Roti campuran 20% pati sagu .....	56
Gambar 9.	Penampilan roti manis substitusi pati sagu 20% sebelum dan sesudah dipanggang .....	57
Gambar 10.	Diagram alir pengolahan sagu instan	60
Gambar 11.	Sagu instan bentuk tablet .....	61
Gambar 12.	Diagram alir pengolahan “Bagea”- Amurang .....	63
Gambar 13.	Proses pemanggangan dan produk bagea yang dikemas .....	64
Gambar 14.	Diagram alir pengolahan mi sagu .....	66
Gambar 15.	Mi sagu basah (a) dan sagu yang sudah diproses menjadi mi goreng (b)	67
Gambar 16.	Beras analog dari sagu yang diperkaya protein (1=0%, 2= 2.5%, 3= 5%, 4= 7.5% dan 5=10%) .....	70

Gambar 17.	Sirup glukosa dari pati sagu, ubi kayu dan jagung .....	72
Gambar 18.	Produk popeda a) dan b) popeda siap dimakan dengan kuah kuning .....	74
Gambar 19.	Tahap perkembangan <i>Rhyncho-phorus ferrugineus</i> asal Minahasa Utara, Sulawesi Utara .....	76
Gambar 20.	Unit destilator-dehidrator sistem sinambung .....	87
Gambar 21.	Desain alat pengolah etanol sistem evaporator-destilator ganda .....	92
Gambar 22.	Alat pencacah limbah kelapa/limbah sagu (kiri) dan penghancur hasil cacahan (kanan) .....	101
Gambar 23.	Alat ayakan bahan organik/ hancuran limbah (kiri) dan bak fermentasi pupuk organik (kanan).....	102
Gambar 24.	Pencampuran pupuk organik secara manual (kiri) dan alat pencampur sistem mekanis (kanan) .....	102
Gambar 25.	Pupuk organik limbah pertanian .....	104

# I. PENDAHULUAN

Komoditas pangan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sebagian masih diimpor, seperti beras, kedelai, jagung, gula, susu, daging sapi, dan gandum. Pola konsumsi beras yang tinggi perlu diturunkan dan diganti dengan konsumsi karbohidrat dari bahan pangan non beras, antara lain sagu.

Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) merupakan salah satu sumber karbohidrat tanaman tertua yang digunakan oleh masyarakat di Asia Tenggara dan Oceania. Sebelumnya dilaporkan bahwa luas areal tanaman sagu di dunia sekitar 2 juta hektar, dengan kapasitas produksi 2,5-5,5 ton pati sagu kering per hektar (Flach 1983). Sekitar 60% areal sagu dunia terdapat di Indonesia dan sekitar 90% berada di Papua, dengan potensi produksi berkisar 8,4-13,6 juta ton per tahun. Data sagu terbaru dilaporkan oleh Tim P4B IPB (2013) bahwa ternyata luas area sagu di Indonesia mencapai 3,5 juta ha, dan penyebaran terbesar terdapat di Provinsi Papua dan Papua barat, yaitu 3.173.322 ha. Negara lain penghasil sagu antara lain adalah Papua Nugini 1,02 juta ha, Malaysia 33.000 ha, serta Thailand, Filipina, dan Negara Kepulauan Pasifik 20.000 ha (Jong 2003). Penyebaran tanaman sagu di Indonesia terutama di daerah Papua, Papua Barat, Maluku, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Jambi, Sumatera Barat (Mentawai), dan Riau.

Sagu adalah salah satu komoditas perkebunan yang perlu mendapat perhatian dan penanganan yang lebih proporsional. Makin beragamnya pemanfaatan dan makin

meningkatnya permintaan sagu mengakibatkan terjadinya eksploitasi secara besar-besaran terhadap hutan sagu tanpa usaha rehabilitasi hutan sagu sehingga dapat mengakibatkan erosi genetik dan merosotnya produksi sagu. Selain itu, masyarakat lokal seperti di Papua dan Papua Barat makin sulit mencari pohon sagu masak tebang di dekat pemukimannya. Sebaliknya masih banyak pohon sagu masak tebang yang belum dimanfaatkan, sehingga sumber pati yang sangat penting ini hilang begitu saja, khususnya di Papua dan Papua Barat. Peningkatan produksi dan produktivitas sagu di Indonesia dapat dilakukan lebih bijaksana dengan memperhatikan berbagai aspek, bukan hanya aspek ekonomi, tetapi juga sosial dan budaya sehingga lingkungan hutan sagu tetap terjaga kelestariannya serta produksi dan pemanfaatannya berkelanjutan.

Perbaikan produktivitas sagu dapat dilakukan melalui penggunaan varietas unggul dan sentuhan teknologi sederhana terhadap areal hutan sagu. Varietas sagu unggul yang memiliki produksi pati tinggi dapat diperoleh melalui seleksi populasi dan rumpun induk sagu. Sehubungan dengan itu, perlu diidentifikasi plasma nutfah sagu yang tersebar di seluruh Indonesia sehingga keragaman materi genetik ini dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman sagu.

Dari hasil penelitian jenis-jenis sagu di Indonesia, yang dilakukan antara lain oleh Pangkali (1994) di Papua, Allorerung dan Rembang (1995) di Jayapura, Miftahorrhachman dan Novarianto (1996) di Maluku, Widjono *et al.* (2000) di Papua, Tenda *et al.* (2003) di Sulawesi Tenggara dan Novarianto (2012) di Riau, ternyata jumlah aksesi atau jenis-jenis sagu dengan tingkat keragaman morfologi yang tertinggi terdapat di Papua. Hasil eksplorasi jenis sagu ini diperkuat dengan hasil penelitian berdasarkan marka molekular yang dilakukan

Barahima *et al.* (2001), yang menyimpulkan bahwa dengan analisis filogenetik terbukti bahwa populasi sagu di Papua memiliki keragaman yang sangat tinggi. Hasil ini makin memperkuat dugaan bahwa tanaman sagu berasal dari Papua, lalu menyebar ke daerah lainnya di Indonesia.

Kegiatan penelitian sagu melalui observasi jenis sagu yang berproduksi tinggi hingga tahun 2014 telah memperoleh tiga varietas unggul sagu, yaitu (1) sagu Molat asal provinsi Maluku, (2) sagu Selatpanjang Meranti asal Provinsi Riau, dan (3) sagu Baruk asal Provinsi Sulawesi Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa budidaya sagu dengan melakukan rehabilitasi hutan sagu, pengaturan jarak rumpun sagu, penjarangan anakan sagu, serta mengganti rumpun sagu kurang produktif dengan jenis sagu lebih produktif, mampu meningkatkan produksi dan produktivitas sagu.

Penerapan teknologi didukung sarana dan prasarana yang memadai dapat meningkatkan produktivitas sagu. Walaupun tidak dibudidayakan seperti tanaman perkebunan lainnya, budi daya harus menggunakan varietas unggul, teknologi pembibitan yang baik, penanaman dan pengaturan pola tanam serta memperbaiki drainase. Di Provinsi Riau telah diterapkan semi budi daya sagu, melalui pembersihan lahan, penanaman anakan sagu ke jarak tanam yang teratur, dan perbaikan saluran drainase sehingga produktivitas sagu dapat meningkat menjadi 10 t/ha dibanding produktivitas rata-rata hutan sagu di Papua yang hanya mencapai 5 t/ha.

Produksi pati sagu masih berpotensi untuk ditingkatkan menjadi 15-20 t/ha, dengan penerapan teknologi yang tepat, seperti penggunaan varietas unggul, budi daya yang tepat mulai dari penyediaan bahan tanaman, persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, rehabilitasi hamparan hutan sagu, hingga panen dan pengolahan hasil. Berbagai hasil penelitian

menunjukkan bahwa potensi hasil pati sagu dapat mencapai 25 ton/ha (Flach, 1983), bahkan di negara tetangga Malaysia yang telah membudidayakan sagu dalam bentuk perkebunan produksi pati sagu dapat mencapai 40 t/ha (Bintoro *et al.* 2010).

Hutan sagu alam dapat diubah menjadi perkebunan sagu berkelanjutan melalui rehabilitasi. Cara ini merupakan jalan pintas dalam membangun perkebunan sagu. Pengelolaan dan teknis budidaya untuk membangun perkebunan baru dapat dilakukan dengan modifikasi yang cocok untuk mengonversi hutan sagu alam menjadi perkebunan sagu berkelanjutan.

Pati sagu dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan, baik makanan pokok maupun makanan ringan. Festival sagu di Kabupaten Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara yang dilaksanakan pada awal bulan September 2014 mendapat Rekor dari MURI atas jumlah dan jenis makanan berbahan baku sagu yang mencapai 159 jenis. Berbagai jenis makanan yang dihasilkan di berbagai daerah penghasil sagu, seperti: papeda sagu, lempeng sagu, mi sagu, *gobak sagu*, *kepuran*, *spolet*, berbagai jenis kue dan makanan basah maupun kering berbahan tepung sagu. Bintoro (2003) melaporkan bahwa di Malaysia, pemanfaatan pati sagu telah berkembang lebih luas, yaitu untuk pembuatan gula cair, penyedap makanan (*monosodium glutamate*), mie, karamel, sagu mutiara, kue kering, keperluan rumah tangga, industri perekat, dan industri lainnya. Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan pati sagu dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan plastik (*biodegradable plastic*) (Pranamuda *et.al* 1996) dan sebagai bahan pengisi (*ekstender*) perekat kayu lapis. Selain itu, pati sagu mempunyai potensi dan prospek yang baik sebagai substrat fermentasi aseton-butanol-etanol (Gumbira *et al.*

1996). Di Papua Nugini, telah dilakukan serangkaian penelitian tentang studi kelayakan produksi etanol (gasohol) dari pati sagu. Hasil studi menunjukkan bahwa produksi etanol dari pati sagu adalah layak. Diperkirakan dari pengolahan 1 kg pati kering menghasilkan etanol 0,56 liter (Flach 1983).

Kebijakan pengembangan bioindustri sagu diharapkan mampu meningkatkan produksi dan produktivitas sagu, menghasilkan berbagai jenis produk pangan, non pangan termasuk energi terbarukan, dan menjaga keseimbangan lingkungan, agar keberlanjutan produksi dan pemanfaatannya tetap terjaga dan lestari.



Gambar 1. Penampilan tanaman sagu

## II. SYARAT TUMBUH

### 2.1. Iklim

Secara alami, sagu adalah tanaman daerah tropis yang lembap (Johnson 1977, Flach 1983). Sagu dapat tumbuh baik pada daerah  $10^{\circ}$  LS –  $15^{\circ}$  LU dan  $90^{\circ}$  –  $180^{\circ}$  BT, dengan cahaya matahari sepanjang tahun. Suhu optimal untuk pertumbuhan adalah  $24-30^{\circ}\text{C}$  (Mulyanto dan Suwardi 2000). Curah hujan tahunan 2.000-4.000 mm (Mulyanto dan Suwardi 2.000). Curah hujan yang cocok untuk tanaman sagu adalah 2.500-3.500 mm dengan jumlah hari hujan tahunan antara 142-209 hari. Sagu juga dapat tumbuh pada kawasan yang memiliki bulan basah lebih dari 3-9 bulan.

Tanaman sagu tumbuh secara alami terutama di daerah dataran atau rawa dengan sumber air yang melimpah. Limbongan (2007) menyatakan bahwa tanaman sagu masih dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 1.250 m dpl dengan curah hujan 4.500 mm/ tahun.

Tanaman sagu masih dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 1.250 m dpl dengan curah hujan 4500 mm/ tahun.

Kelembapan relatif minimal 60% dan kelembapan yang terbaik sekitar 90%, tetapi tanaman masih dapat mentolerisasi kelembapan rendah untuk jangka pendek tanpa mengalami kerusakan, dan cahaya sekali-sekali harus di atas  $800 \text{ k/cm}^2/\text{hari}$  (Flach 1997). Spesies *Metroxylon* tidak toleran terhadap kekurangan air.

### 2.2. Tanah

Faktor topografi berpengaruh terhadap pertumbuhan sagu. Sagu ditemukan pada ketinggian 0-700 m dpl, namun

pertumbuhan optimum dicapai pada ketinggian 0-400 m dpl. Berdasarkan rentang ketinggian dan karakteristik kondisi tata air, habitat sagu sebagian besar terdapat di daerah dataran rendah. Hal ini sesuai dengan distribusi lokasi lahan sagu di Indonesia. Sagu tumbuh pada berbagai jenis tanah dengan ketinggian 0-400 m dpl, sedangkan pada ketinggian > 400 m dpl, pertumbuhan sagu terhambat dan produksinya rendah (Bintoro 2008). Sagu memiliki kemampuan tumbuh di lahan rawa dengan pH 3,5-6,5 (Harsanto, 1986).

Sagu dapat tumbuh pada berbagai kondisi hidrologi mulai dari lahan yang terendam sepanjang masa sampai ke lahan yang tidak terendam air (Bintoro 2008). Tanaman sagu membutuhkan cahaya matahari dalam jumlah banyak dan apabila ternaungi, kadar patinya rendah. Sagu tumbuh di daerah rawa berair tawar atau daerah gambut, di sepanjang aliran sungai, atau daerah tropis basah yang digenangi air (Chafid 2010).

Sagu memiliki daya adaptasi yang tinggi pada lahan marginal dan kritis yang menyebabkan pertumbuhan tidak optimal bagi tanaman lainnya. Tanah rawa yang tidak sesuai untuk pertumbuhan tanaman lain, dengan perbaikan tanah yang relatif sedikit dapat digunakan untuk lokasi perkebunan sagu. Penanaman sagu pada tanah mineral di dataran rendah mempermudah keberhasilan tumbuh tanaman sagu untuk berproduksi secara optimal. Sebaliknya tanah gambut yang miskin unsur hara dapat digunakan untuk lokasi penanaman sagu apabila tidak ada pilihan yang lebih baik (Jong 2007). Pada lahan rawa pasang surut dengan salinitas yang relatif tinggi, pembentukan pati dalam batang terhambat (Mulyanto dan Suwardi 2000).

# III. VARIETAS SAGU UNGGUL

## 3.1. Koleksi Plasma Nutfah

Eksplorasi plasma nutfah sagu telah dilakukan oleh peneliti Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain di Desa Kehiran, Kabupaten Sentani, Papua pada tahun 1993, dan berhasil mengidentifikasi jenis jenis sagu berdasarkan keragaman morfologi vegetatif dan generatifnya (Allorerung *et al.* 1994; Novarianto *et al.* 1996). Malia dan Novarianto (1994) melaporkan bahwa di Desa Tamilouw, Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah terdapat populasi sagu Tuni pada lahan agak kering dan tidak tergenang air dalam jangka panjang, dengan produksi pati dapat mencapai 500 kg/pohon. Hasil evaluasi Allorerung dan Rembang (1995) di Jayapura menunjukkan bahwa terdapat enam jenis sagu yang berpotensi hasil tinggi (150-200 kg pati basah/pohon). Hasil survei di Desa Piru, Eti, dan Neniari, Kecamatan Seram Barat, Maluku Tengah diperoleh empat jenis sagu, yaitu sagu Tuni, Ihur, Makanaru, dan Molat (Miftahorrahan dan Novarianto, 1996).

Luas areal tanaman sagu di Papua sekitar 90% dari total areal di Indonesia sehingga keragaman genetik sagu terbesar terdapat di Papua. Pangkali (1994) membagi 23 jenis sagu asal Sentani, Jayapura dalam dua tipe, yaitu sagu berduri atau *Metroxylon rumphii* Mart (terdiri atas sembilan jenis yakni Para Huphon, Para Honsday, Rondo, Munggin, Puy, Manno, Epesum, Ruruna, dan Yakhalope), dan sagu tidak berduri atau *Metroxylon sagus* Rottb (terdiri atas 14 jenis yakni Yepha Hongsay, Yepha Hongleu, Yepha Ebung, Osokhulu, Follo, Pane,

Wani, Ninggih, Yukulam, Hapolo, Yakhe, Hili, Fikhela, dan Hanumbo).

Survei yang dilakukan oleh Widjono *et al.* (2000) diperoleh 61 jenis sagu baik yang berduri maupun tidak berduri, yang tersebar di Jayapura (35 jenis), Manokwari (14 jenis), Merauke (3 jenis), dan Sorong (9 jenis) sagu. Hasil observasi BPTP Papua menunjukkan bahwa di Sorong terdapat delapan jenis sagu unggul dengan potensi produksi di atas 250 kg pati/pohon. Pada tahun 2002 diperoleh informasi bahwa terdapat satu jenis sagu asal Sangehe Talaud, Sulawesi Utara yang tumbuh baik di tanah tanpa tergenang air dan dikenal dengan nama sagu baruk (*Arenga microcarpha* Becc). Selanjutnya, survei yang dilakukan oleh Tenda *et al.* (2003) di Desa Lakomea, Kabupaten Kendari, Sulawesi Tenggara memperoleh tiga jenis sagu tipe *Metroxylon* berdasarkan keberadaan duri dan karakter batang, yaitu Tawar Roe, Tawaro Rungga Manu, dan Tawaro Rui. Di antara jenis-jenis sagu tersebut terdapat satu jenis sagu yang unik, yaitu jenis Rondo memiliki ciri khas tersendiri yang bagian empulurnya dapat langsung dimakan setelah dibakar ataupun digoreng seperti ubi jalar. Jenis sagu ini berduri pendek dan halus yang tumbuh rapat dan tersebar di permukaan pangkal pelepah. Pertumbuhan duri mengarah ke pangkal pelepah.

Menurut informasi dari petani bahwa jenis sagu yang umum dimanfaatkan adalah sagu Yebha, memproduksi pati tinggi, warna putih, rasa enak, tahan lama setelah dibuat makanan (2-3 hari). Selain itu, bagian kulit batang tebal sehingga dapat dibuat lantai rumah dan daun dipakai sebagai atap rumah. Sagu Yaghalobe termasuk sagu potensial tetapi di lapangan sudah agak sulit ditemukan.

Identifikasi yang dilakukan oleh Tenda *et al.* (2003) memperoleh tiga jenis sagu. Pertama, sagu tidak berduri

dengan nama lokal *Tawaro roe*, tergolong *Metroxylon sagus* atau sagu Molat. Kedua, sagu berduri besar, bentuk batang tinggi besar disebut *Tawaro runnga manu*, tergolong *Metroxylon rumphii* atau sagu Tuni. Ketiga, sagu berduri lebih pendek dan memiliki ukuran batang kecil disebut *Tawaro rui*, tergolong *Metroxylon rumphii* atau sagu Ihur. Rata-rata hasil pati basah *Tawaro roe* 374,5 kg, *runnga manu* 186,2 kg dan *rui* 89,6 kg. Biasanya petani lebih suka mengolah jenis sagu *roe* karena selain hasil tinggi juga pati berwarna putih.

Di Sulawesi Utara, terdapat dua tipe sagu yaitu sagu rumbia (*Metroxylon* sp.) dan sagu baruk (*Arenga microcarpa* Becc). Hasil penelitian Lay *et al.*, (1998) menunjukkan bahwa rata-rata produksi pati basah untuk sagu rumbia (*Metroxylon* sp.) 250-375 kg dan sagu baruk 50 kg basah/ pohon. Sagu rumbia terdapat di Minahasa, Bolaang Mongondow, Sangihe dan Talaud, sedangkan sagu baruk banyak terdapat di Kabupaten Sangihe, dan Talaud, dengan bentuk pohon lebih pendek dan ukuran batang kecil, namun tepung sagu lebih putih dan lebih enak dibandingkan dengan sagu *Metroxylon*.

Koleksi sagu Balit Palma yang ditanam di Sulawesi Utara sebanyak 15 aksesi, dan sebagian besar koleksi plasma nutfah sagu ini berasal dari Papua, yaitu Osoghulu, Abesung, Yebha, Phara Waliha, Fikhela, Wannu, Phara, Ruruna, Rondo, Phui, Yakhali, Habela, dan Yakhe. Hasil pengamatan karakter vegetatif memperlihatkan bahwa lingkaran batang, jumlah daun, tinggi tanaman, dan jumlah anakan beragam dengan nilai KK > 20%. Sagu Phara Waliha memiliki ukuran lingkaran batang terbesar dibanding dengan sagu lainnya yaitu 169 cm, sedangkan sagu Yakhe memiliki jumlah daun terbanyak, yaitu 18 helai dan jumlah anakan terbanyak, yaitu 20 anakan. Hasil evaluasi potensi produksi pati sagu Rondo berumur 12 tahun

pada koleksi *ex situ* di KP Kayuwatu mencapai 163,33 kg pati basah /pohon (Tulalo 2011).

### **3.2. Varietas Sagu Unggul**

Indonesia memiliki keunggulan komparatif dan kompetitif dalam pengembangan sagu dibandingkan dengan negara penghasil sagu lainnya, seperti Papua Nugini, Malaysia, dan Thailand karena merupakan asal plasma nutfah sagu. Luas areal pertanaman sagu diperkirakan sekitar 60% dari luas areal sagu dunia. Secara nasional, komoditas sagu termasuk tanaman unggulan, namun pengembangannya belum ditangani secara intensif. Meskipun telah dimanfaatkan secara luas, umumnya penanganan sagu masih secara tradisional dan belum dibudidayakan secara intensif. Untuk menunjang program pengembangan sagu perlu didukung dengan teknologi penyediaan benih sagu unggul, budidaya dan rehabilitasi hamparan sagu, diversifikasi produk pangan dari pati sagu, dan pengolahan pati sagu menjadi produk nonpangan, yaitu bioetanol.

Tiga varietas unggul sagu telah dirilis oleh pemerintah melalui Kementerian Pertanian RI, yaitu: (1) varietas sagu Molat asal Provinsi Maluku pada tahun 2011, (2) varietas sagu Selatpanjang Meranti asal Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau pada tahun 2013, dan (3) varietas sagu Baruk asal Kabupaten Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara tahun 2014. Deskripsi ketiga varietas unggul sagu tersebut diuraikan sebagai berikut:

### **3.2.1. Varietas Sagu Molat**

Provinsi Maluku adalah salah satu daerah penghasil sagu utama di Indonesia. Luas areal sagu di Maluku adalah 58.185 ha dengan potensi produksi 465.000 ton pati kering/tahun. Di Maluku, pemanfaatan pati sagu sebagai bahan pangan pokok (*staple food*) sudah berlangsung sejak dahulu dalam bentuk makanan seperti papeda, sagu lempeng, sinoli, karu-karu, dan uha serta penganan seperti sagu tumbuk, bagea, sarut dan cendol. Sagu Molat termasuk jenis sagu tidak berduri dan populasinya di alam rata-rata 22,6 pohon/ha. Tinggi tanaman 13,9-22,3 m, bentuk pohon tunggal, dan umur produksi di atas 9 tahun. Produksi pati basah sekitar 640 kg/pohon dengan kandungan karbohidrat sekitar 86%. Salah satu sentra pertumbuhan sagu molat adalah Kecamatan Bula, Seram Barat, Maluku. Pada tahun 2011 melalui sidang TP2V tanaman perkebunan, jenis sagu Molat telah lulus sidang dan ditetapkan melalui SK Menteri Pertanian sebagai varietas sagu unggul dengan nama varietas sagu Molat, potensi produksi pati basah 640 kg/pohon (Louhenapessy *et.al.* 2011), atau setara dengan produksi pati kering 300 kg/pohon.

### **3.2.2. Varietas Sagu Selatpanjang Meranti**

Dalam rangka meningkatkan produktivitas tanaman sagu dan menyediakan bahan tanaman sagu unggul di Kabupaten Kepulauan Meranti, sejak tahun 2011 sampai 2013 telah diteliti dan dievaluasi varietas sagu Selatpanjang Meranti sebagai varietas unggul sagu. Hasil eksplorasi jenis-jenis sagu yang tumbuh di Kabupaten Kepulauan Meranti mendapatkan tiga aksesori sagu, yaitu sagu duri, sagu tidak berduri (sagu

*Bemban*), dan sagu berduri jarang (sagu *Sangka*). Dari ketiga jenis sagu ini, sagu yang penyebaran terluas dan terbanyak diolah masyarakat pengrajin sagu adalah sagu duri. Hasil penelitian pada sagu duri di tiga lokasi berbeda selama tiga tahun memperlihatkan bahwa produksi pati beragam antara 134,53 - 354,61 kg pati kering/pohon, dengan rata-rata produksi 226,34 ( $\pm$  56,03) kg pati kering/pohon. Dari tiga lokasi sagu yang diteliti, diketahui bahwa populasi sagu di Desa Darul Takzim, Kecamatan Tebing Tinggi Barat, secara umum produktivitas patinya lebih tinggi dibandingkan dengan populasi sagu di Desa Sungai Tohor dan Desa Tanjung.

Hasil analisis proksimat memperlihatkan bahwa pati sagu Selatpanjang Meranti memiliki kandungan karbohidrat 88,19%, dengan kadar air 10,36%. Kandungan protein, lemak, abu dan serat kasar rata-rata <0,5%. Berdasarkan hasil analisis tanah ternyata tanah Desa Darul Takzim memiliki pH 5,0 lebih tinggi dari dua lokasi lain, sehingga diduga serapan unsur hara makro dan mikro masih lebih baik. Hasil pengamatan ternyata sagu Selatpanjang Meranti telah beradaptasi sehingga tumbuh dan berkembang baik di lahan gambut pasangsurut. Hama yang dijumpai di perkebunan sagu adalah kumbang *Oryctes rhinoceros* L., dan *Rynchoporus ferrugineus* Oliver, tetapi selama ini belum menyebabkan kerugian yang berarti, demikian juga penyakit pada tanaman sagu. Hama pengganggu lainnya adalah babi hutan dan kera. Kedua hewan ini merusak tanaman sagu muda, terutama jenis sagu *Bemban* yang tidak berduri dan sagu *Sangka* yang berduri jarang. Pada akhir tahun 2013 telah dirilis sebagai varietas sagu unggul dengan dengan nama varietas adalah sagu Selatpanjang Meranti dan produktivitas rata-rata 226 kg pati sagu kering per pohon.

### **3.2.3. Varietas Sagu Baruk**

Kabupaten Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu daerah penghasil pati sagu Baruk. Luas areal tanaman sagu baruk di Kabupaten Sangihe adalah 398,5 ha, umumnya masih tumbuh secara alami. Pengolahan sagu masih dilakukan secara tradisional, tetapi banyak petani menggantungkan hidupnya pada hasil sagu baruk ini. Penelitian sagu Baruk di Kabupaten Sangihe dilakukan selama tiga tahun, yaitu tahun 2012-2014. Tujuan penelitian adalah untuk pelepasan varietas sagu unggul lokal, yang akan dijadikan sumber benih untuk pengembangan tanaman sagu di Kabupaten Sangihe. Hasil penelitian di tiga lokasi berbeda selama tiga tahun memperlihatkan bahwa produksi pati kering beragam antara 10-40 kg/pohon. Hasil analisis proksimat memperlihatkan bahwa pati sagu baruk memiliki kandungan karbohidrat 88,19%, dengan kadar air 10,36%. Pada akhir bulan Agustus 2014 melalui sidang TP2V tanaman perkebunan, sagu Baruk asal Kabupaten Sangihe ditetapkan sebagai salah satu varietas sagu unggul spesifik tumbuh di lahan kering iklim basah, dengan nama varietas sagu Baruk Sangihe dengan potensi produksi 43 kg pati kering/pohon.

### **3.3. Ketersediaan Bahan Tanaman**

Beberapa jenis sagu yang berpotensi digunakan sebagai bahan tanaman dalam program pengembangan sagu di beberapa daerah utama penghasil sagu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik dan potensi hasil beberapa jenis sagu unggul

Jenis Sagu	Daerah asal	Karakteristik				
		Tinggi batang (m)	Lingkar batang (cm)	Sifat tangkai daun	Warna pati	Produksi pati/phn (kg)
Tuni	Maluku	12,50	236	berduri	Putih	500
Molat	Maluku	12,00	157	berduri	Putih	300
Ihur	Maluku	16,00	188	berduri	Kemerahan	150
Osoghulu	Papua	10,32	156	Tidak berduri	Putih	208
Ebesung	Papua	8,52	113	berduri	Putih keabu-abuan	207
Yebha	Papua	12,60	128	Tidak berduri	Merah kecoklatan	192
Follo	Papua	9,25	140	Tidak berduri	Putih keabu-abuan	176
Wanni	Papua	9,30	153	Tidak berduri	Putih	160
Yagholobe	Papua	10,22	134	berduri	Putih keabu-abuan	156
Roe	Sultra	10,40	163	Tidak berduri	Putih	374
Rungga manu	Sultra	8,30	163	berduri	Putih	186
Baruk	Sulut	8,00	60	Tidak berduri	Putih	25

Sumber: Malia dan Novarianto 1994; Miftahorrahman dan Novarianto 2003.

Produksi pati sagu sangat bergantung pada umur tanaman jumlah daun yang terbentuk, karena pada saat pertumbuhan cepat dapat terbentuk dua lembar daun per bulan, sedangkan pada waktu terjadinya akumulasi pembentukan pati, jumlah daun yang terbentuk hanya 1 lembar per bulan. Hasil penelitian Oates dan Hicks (2002) menyimpulkan bahwa hasil pati sagu di Jayapura sebesar 250 kg per pohon. Beberapa jenis sagu potensial yang dapat digunakan dalam pengembangan sagu di Papua adalah jenis sagu Osoghulu, Ebesung, Yebha, Follo, Wanni, dan Yagholobe dengan potensi hasil sagu basah 150-200 kg sagu basah per pohon (Novarianto *et al.* 1996). Menurut Widjono *et al.* (2000), beberapa jenis sagu yang dapat digunakan dalam pengembangan sagu di Papua adalah Igoto, Mogabarasu,

Kumpea, Kao, Mando, Menopo, Munggina, Osokulu, Hungleu, Panne, Para haphon, Para hongsay, Rondo hungleu, Segago, Warning, Hungku, Wikuarawi, Wimir, Wimor, Witar, Winarsomoy, Witune Uwai, Wicko Wuru, Yepha Hungleu, dan Yepha Hongsay. Potensi hasil sagu ini bervariasi, yaitu 150-200 kg sagu basah per pohon.

Hasil Identifikasi dan karakterisasi berbagai jenis tanaman asli Papua termasuk menyimpulkan bahwa varietas Para, Pane, Yepha, Osohulu, Rondo, Wane, Happolo merupakan jenis sagu yang memiliki potensi produksi pati yang tinggi sagu (Lakuy dan Limbongan 2003). Selanjutnya hasil penelitian Miyazaki (2004) pada beberapa jenis sagu di sekitar danau Sentani, Jayapura menunjukkan bahwa produksi pati tertinggi diperoleh dari varietas Para, diikuti varietas Yepha, Follo, dan Osukul. Selain itu, dari penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi jenis sagu yang menghasilkan pati berwarna merah, seperti Manno, Mongging, Para Hongsay, Puy, Yakhalobe, Osuhulu, Hongsay dan Yepha Hongsay.

Selain jenis-jenis sagu unggul lokal di tiap daerah yang tiga varietas unggul sagu yang telah resmi dilepas oleh Menteri Pertanian RI sebagai varietas sagu unggul dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanaman atau benih. Ketiga varietas unggul tersebut yaitu sagu Molat, varietas sagu Selatpanjang Meranti, dan varietas sagu Baruk, khususnya untuk pengembangan di daerah Maluku, Riau dan Sulawesi Utara.

Untuk varietas sagu Molat di Provinsi Maluku, jumlah anakan dan stolon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanaman dalam setiap rumpun terseleksi rata-rata 9,5 anakan dan 13,83 stolon. Dari hasil studi diketahui bahwa kemampuan penyediaan bahan tanaman sagu di Kecamatan Bula, Maluku, rata-rata 136 anakan/ha, atau dari areal sagu

seluas 24.075 ha di kecamatan tersebut, dapat diperoleh bahan tanaman sebanyak 3.274.200 bibit atau anakan. Ketersediaan bahan tanaman ini dapat memenuhi kebutuhan bibit untuk pengembangan sagu seluas 16.371 ha dengan perhitungan untuk penanaman baru 100 pohon/ha dan kegagalan bibit 50% (Louhenapessy *et al.* 2011).

Potensi produksi pati sagu di Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau dengan hamparan sagu alam semi-budi daya adalah 10 t/ha/tahun. Produksi pati sagu ini sangat berpotensi untuk ditingkatkan menjadi 15-20 ton/ha dengan menerapkan teknologi yang tepat dan lebih baik. Berdasarkan hasil observasi di tiga lokasi sagu, yang populasi sagu Duri di Desa Darul Takzim, Kecamatan Tebing Tinggi Barat berpotensi sebagai sumber rumpun induk dan sumber bibit sagu unggul. Seleksi pohon induk sagu Selatpanjang Meranti dilakukan berdasarkan kriteria, panjang batang bebas daun > 9,40 m, lingkaran batang bawah > 143 cm, diameter batang bawah > 45 cm, dan jumlah bekas daun pada batang bebas daun > 61 buah. Penggunaan bibit sagu unggul diikuti budi daya yang baik dapat meningkatkan produktivitas sagu Selatpanjang Meranti menjadi 250 – 300 kg pati basah/pohon. Berdasarkan hasil evaluasi blok rumpun sagu terbaik dan lokasi sumber bibit sagu unggul untuk calon varietas sagu Selatpanjang Meranti, maka pada tahap awal diusulkan untuk menjadikan populasi sagu di Desa Darul Takzim, Kecamatan Tebing Tinggi Barat sebagai kebun sumber bibit sagu. Sesuai informasi pemilik kilang sagu yang berlokasi di desa ini, luas areal sagu di Desa Darul Takzim sekitar 500 ha. Hasil pengamatan populasi sagu di lokasi ini, diketahui jarak rata-rata antar rumpun sagu sekitar 7 m, atau kurang lebih terdapat 200 rumpun sagu dalam setiap hektar.

Untuk meningkatkan produktivitas sagu, maka harus digunakan bibit sagu unggul yang berasal dari rumpun sagu terseleksi dengan produksi pati tinggi. Pada setiap rumpun sagu dapat dijumpai minimal 10 anakan, tetapi tidak semua anakan dapat dijadikan bibit karena sebagian anakan harus dibiarkan tumbuh dalam rumpun tersebut agar produksi pati berkelanjutan. Jika kebun sumber bibit sagu disiapkan seluas 100 ha, lalu diseleksi 25% rumpun terbaik dan setiap rumpun diseleksi lima anakan untuk dijadikan bibit, maka kapasitas ketersediaan anakan sebanyak 25.000 anakan sebagai bibit per tahun (Novarianto *et al.* 2013).

Untuk pengembangan sagu baruk, anakan sagu baruk Sangihe direkomendasikan diambil dari Kecamatan Manganitu dengan cara melakukan seleksi rumpun sagu terbaik sekitar 25% dari total populasi. Dari setiap rumpun sagu baruk dapat diseleksi lima anakan sagu sebagai bahan tanaman. Kapasitas ketersediaan anakan baruk di Kecamatan Manganitu sebanyak 5.220 anakan sagu/tahun dapat menyuplai kebutuhan untuk pengembangan sagu baruk seluas 26 ha. Berdasarkan hasil analisis korelasi, seleksi Pohon Induk Sagu (PIS) baruk dapat dilakukan dengan menggunakan karakter panjang batang bebas daun > 10,8 m, jumlah daun hijau > 12 buah, jumlah anakan daun > 110 buah; dan berat batang > 282 kg/pohon. Seleksi awal PIS baruk telah dilakukan di Desa Pinebenteng, Kecamatan Manganitu sebanyak 100 pohon induk pada 100 rumpun induk sagu baruk (Tenda *et al.* 2014).



Tanaman sagu sedang berbunga

# IV. BUDI DAYA SAGU

## 4.1. Penyiapan Bahan Tanaman

Bahan tanaman yang dimaksud dalam tulisan ini adalah bibit sagu. Penyiapan bibit sagu dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara konvensional dan bioteknologi, yaitu kultur jaringan. Penyediaan bibit secara konvensional dapat dilakukan melalui biji (cara generatif) dan anakan yang dikenal dengan istilah *sucker* (cara vegetatif)

### 4.1.1. Konvensional

#### A. Cara Generatif (dengan Biji)

Biji yang digunakan sebagai benih dipilih yang sudah matang, tidak cacat fisik, ukurannya seragam, dan bernas. Kematangan buah ditunjukkan dengan kulit yang berwarna coklat, dan biasanya buah rontok dari pohon. Biji sagu yang akan digunakan sebagai benih harus berasal dari varietas unggul. Penyediaan bahan tanaman melalui biji/benih dilakukan dalam dua tahap, sebagai berikut:

**a. *Pesemaian*,** Benih disemai secara tidak langsung melalui bedeng atau bak pesemaian, atau secara langsung melalui pembibitan. Media perkecambahan terdiri atas pasir dan serbuk gergaji. Persemaian berukuran lebar 1,2-1,5 m, tinggi 30-40 cm, dan panjang disesuaikan dengan jumlah benih yang akan disemai. Pasir ditempatkan di bagian bawah dan serbuk gergaji di bagian atas. Benih dideder di pesemaian dengan tiga perempatan bagian benih terbenam dalam media tanam dan tempat keluarnya

kecambah terbenam dalam media tanam. Benih dideder dengan jarak 10 cm x 10 cm; 10 cm x 15 cm atau 15 cm x 15 cm. Kondisi pesemaian harus dalam keadaan lembab (Malangkay *et al.* 2003).

Flach (1997) menyatakan bahwa perkecambahan dapat dipercepat jika sabut dikeluarkan dan bagian yang menutupi embrio (operkulum). Perawatan harus dilakukan agar embrio tidak rusak. Benih sagu berkecambah dengan baik apabila ditempatkan pada suhu 30°C dan kelembapan yang tinggi untuk waktu yang lama (Ehara *et al.* 1998). Kondisi ini dapat dicapai dalam persemaian/pembibitan tertutup (dengan naungan) yang panasnya cepat meningkat di bawah cahaya matahari. Pada kondisi seperti ini, benih yang segar mempunyai kecepatan kecambah 1-2 bulan. Panas buatan seperti dalam sebuah lemari dengan iklim yang terkontrol dapat digunakan untuk pesemaian. Temperatur > 38°C akan merusak benih.

**b. Pembibitan.** Untuk pembibitan, tanah diolah sedalam 45-60 cm sehingga gembur. Bedengan pembibitan dibuat dengan ukuran lebar 1,25 m, tinggi 30 cm (Malangkay *et al.* 2003) dan panjang disesuaikan dengan kebutuhan. Pengaturan benih dalam bedengan dapat dilakukan dengan dua cara (Maliangkay *et al.* 2003), yaitu:

- Tanpa penjarangan.  
Benih dideder dengan jarak antar benih 25 cm x 25 cm hingga 40 cm x 40 cm.
- Dengan penjarangan.  
Benih dideder dengan jarak lebih rapat, yaitu:
  - a. 12,5 cm x 12,5 cm, setelah satu bulan dijarangkan menjadi 25 cm x 25 cm,

- b. 15 cm x 15 cm, setelah satu bulan dijarangkan menjadi 30 cm x 30 cm;
- c. 20 cm x 20 cm, setelah satu bulan dijarangkan menjadi 40 cm x 40 cm.

Bibit siap tanam di lapang setelah berumur 6-12 bulan, sedangkan yang memiliki tiga daun dan akar dengan panjang > 30 cm dapat ditanam di kebun.

### *B. Cara Vegetatif (dengan anakan/sucker)*

Bahan tanam dapat diperoleh dari anakan yang tumbuh pada tanaman induk. Anakan adalah bagian dari tanaman induk yang mempunyai struktur perakaran mandiri. Anakan yang dipilih adalah yang tumbuh agak jauh dari tanaman induk.

Untuk penanaman skala besar, pengadaan bahan tanaman (anakan), pengangkutan, dan persemaian harus dikelola dengan baik, antara lain :

- a. Data inventarisasi sumber bahan tanaman (anakan) harus jelas
- b. Jumlah bahan tanaman yang dibutuhkan harus sesuai dengan luas areal pengembangan. Apabila jumlah bahan tanaman tidak mencukupi akan menghambat penanaman.
- c. Pengangkutan bahan tanaman dari lokasi awal ke lokasi pembibitan. Waktu pengangkutan diupayakan tidak terlalu lama karena akan memengaruhi kesegaran bahan tanaman. Apabila waktu pengangkutan yang lama menyebabkan bahan tanaman mengalami dehidrasi. Cara penanganan bahan tanaman perlu dilakukan untuk meminimalkan kematian selama pengumpulan dan pengangkutan.

Anakan yang akan dijadikan bibit berasal dari varietas unggul, harus matang, yang dicirikan oleh stolon yang keras dan apabila dipotong permukaan dalam berwarna merah muda cerah (Gambar 2). Pemisahan anakan dari pohon induk biasanya dilakukan melalui pemotongan pada daerah leher yang keras.



Gambar 2. Anakan sagu yang memenuhi syarat sebagai bahan tanaman (Mashud 2007).

Anakan sagu untuk bibit diambil dari induk sagu yang tumbuh dengan baik, masih segar dengan pelepah daun hijau dan pucuk masih hidup. Anakan yang dipilih adalah anakan yang tumbuh agak jauh dari tanaman induk. Anakan harus berasal dari kebun yang sudah dipanen 3-4 kali. Berat anakan 2-3 kg dan berbentuk huruf L. Akar dipangkas dan ditinggalkan sepanjang 5 cm. Pelepah daun dipangkas dan ditinggalkan tangkainya sepanjang 30-40 cm, daun tombak tidak dipangkas.

Tidak terserang hama dan penyakit. Anakan yang terinfeksi cendawan pada daerah pemotongan berwarna putih keabuan. Perlakuan untuk anakan adalah sebagai berikut:

- a. Anakan sagu diseleksi berdasarkan syarat-syarat tersebut di atas, lalu dicelupkan ke dalam larutan pestisida atau fungisida 5-10 menit untuk menghindari serangan hama atau jamur. Takaran pestisida atau fungisida adalah 2/l atau 2 cc/l air. Anakan lalu disemaikan.
- b. Perlakuan lain yaitu melapisi bagian pangkal anakan yang dipotong dengan cat tar, untuk menghindari serangan jamur.

Sistem pesemaian dan pembibitan anakan sagu adalah menggunakan rakit. Rakit ini terbuat dari bambu atau pelepah daun sagu dewasa. Dalam satu rakit berukuran 2 m x 1 m dapat disemai 160-200 anakan sagu bergantung ukuran stolonnya.

Pesemaian dan pembibitan ini dilakukan di atas air mengalir (tepi saluran air), sehingga akar bibit sagu memperoleh oksigen yang cukup untuk proses pertumbuhannya. Anakan sagu diletakkan di atas rakit dengan posisi berdiri dan sebagian stolon (bonggol) terendam air (Gambar 3). Keuntungan pesemaian dan pembibitan rakit ini adalah daya tumbuh bibit tinggi (92%) dan pemeliharannya mudah.



Gambar 3. Persemaian dan pembibitan sagu menggunakan rakit dari bambu (Maliangkay *et al.* 2008)

Lamanya anakan di persemaian/pembibitan hingga menjadi bibit siap tanam sekitar tiga bulan. Persemaian yang terlalu lama akan menyebabkan anakan menjadi besar sehingga menyulitkan dalam proses pengangkutan. Biasanya pertumbuhan anakan di persemaian tidak seragam. Hasil kajian menunjukkan, daya hidup bibit umur 3, 9 dan 12 bulan berturut-turut adalah 82%, 62% dan 22%. Bibit yang siap tanam memiliki daun 2-3 helai dan akar yang baru.

#### **4.1.2. Teknik Kultur Jaringan**

Produksi biji sagu sangat jarang karena sagu umumnya ditebang untuk dipanen patinya sebelum berbunga. Oleh karena itu, umumnya sagu diperbanyak menggunakan anakan. Namun, untuk membangun perkebunan sagu skala luas, ketersediaan anakan yang seragam merupakan hambatan

utama (Jong 1995). Dalam satu rumpun sagu hanya diperoleh beberapa anakan (Rostiwati *et al.* 1998), dengan berat antara 2,1-3,0 kg (Maliangkay *et al.* 2008) sehingga menyulitkan dalam pengangkutan.

Kultur jaringan merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam perbanyakan sagu. Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara massal dalam waktu relatif singkat. Ukuran bibit yang dihasilkan dengan teknik ini lebih kecil dari bibit hasil perbanyakan secara konvensional sehingga pengangkutannya lebih mudah. Apabila sagu unggul ini diperbanyak melalui teknik kultur jaringan maka akan diperoleh tanaman yang sama dengan induknya (*true-to-type*) dan berproduksi tinggi.

Bahan tanaman yang digunakan sebagai eksplan adalah pucuk anakan (*shoot tip*) sagu muda. Eksplan dikulturkan dalam media MS yang dimodifikasi untuk mendapatkan kalus (Murashige dan Skoog 1962). Selanjutnya, embrio somatik diinduksi dari kalus yang terbentuk. Embrio somatik yang diperoleh sangat beragam. Pada kultur jaringan sagu ditemui embrio somatik dengan ukuran, warna, dan tahap perkembangan yang berbeda-beda (Kasi dan Sumaryono 2006). Embrio somatik tumbuh dan berkecambah seperti halnya embrio zigotik dan selanjutnya tumbuh menjadi planlet. Perakaran planlet diinduksi menggunakan zat pengatur tumbuh auksin. Planlet yang telah memiliki sistem perakaran yang baik siap diaklimatisasi. Teknik kultur jaringan untuk perbanyakan klonal tanaman sagu telah berhasil dilakukan di Malaysia. Saat ini tanaman sagu hasil kultur jaringan telah ditanam pada areal seluas 2 ha dengan umur delapan tahun (Novarianto *et al.* 2006).

## **4.2. Persiapan Lahan**

### **4.2.1. Pembukaan Hutan**

Pembukaan hutan adalah kegiatan awal untuk membangun perkebunan sagu. Di lahan tergenang, kegiatan ini dapat dilakukan setelah dibuat saluran rintisan untuk mengeluarkan air yang berlebihan. Keadaan ini biasanya ditemui pada lahan gambut dengan ketebalan gambut < 150 cm, sedangkan lahan dengan gambut yang lebih tebal, permukaan air tanahnya cukup dalam sehingga tindakan pengeringan untuk pembukaan hutan tidak selalu diperlukan.

Pembukaan hutan sebaiknya dilakukan 1-2 tahun sebelum penanaman sagu. Setelah pembersihan hutan dilakukan pembersihan lahan dengan membongkar dan mengeluarkan tunggul dari areal yang akan ditanami sagu. Tunggul yang ukurannya besar dan belum melapuk dipotong untuk mempercepat pelapukan (Prihatman 2000).

### **4.2.2. Pengelolaan Tata Air**

Lahan gambut pasang surut umumnya memiliki pH rendah dan permukaan tanah tinggi sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan sagu. Oleh karena itu, pengelolaan tata air merupakan faktor utama yang harus diketahui untuk pengembangan sagu di lahan pasang surut.

Tata air ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga tujuan pengelolaan air untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai sarana lalu lintas dapat dicapai. Komponen tata air terdiri atas saluran air, pintu-pintu pengendali air, tanggul, dan jalan. Saluran air terdiri atas saluran primer atau saluran induk, saluran sekunder berfungsi sebagai saluran penghubung dan saluran tertier yang berfungsi sebagai

saluran pengering areal (Pranowo *et al.* 1992). Tanggul dibangun di sebelah kiri dan kanan saluran primer dan tertier, sekaligus berfungsi sebagai prasarana jalan. Tinggi tanggul harus memerhatikan tinggi luapan air maksimum tahunan (Manaroinsong *et al.* 2008).

#### **4.2.3. Pembuatan blok**

Blok dibuat dengan ukuran 400 m x 400 m, dan biasanya di tengah blok dibuat saluran tersier. Saluran ini dibangun di antara blok atau di antara dua blok dengan lebar 1,5 m. Saluran ini berfungsi sebagai saluran drainase pada setiap blok, sebagai batas antar blok yang saling berseberangan dan sebagai jalur transportasi ke saluran utama dan saluran sekunder. Saluran primer dibangun di setiap dua blok dengan lebar 2,5 m. Saluran sekunder dibuat tegak lurus terhadap saluran primer, melintang pada blok, dengan lebar 2,0 m.

Lahan pertanaman sagu berupa lahan rawa pasang surut (termasuk gambut pasang surut). Oleh karena itu, sistem transportasi yang berfungsi sebagai jalan adalah saluran air atau kanal.

#### **4.3. Pengajiran dan Pembuatan Lubang Tanam**

Pengajiran diawali dengan penentuan blok seluas 50 ha, dengan ukuran 500 m arah Utara-Selatan dan 1.000 m arah Timur-Barat. Tiang ajir dipasang sesuai dengan jarak tanam, yaitu 8 m x 8 m atau 10 m x 10 m segiempat. Tiang ajir yang digunakan berukuran panjang 1,5-2,0 m.

Lubang tanam digali sebulan atau selambat-lambatnya 1 minggu sebelum penanaman, dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm. Hasil galian tanah lapisan atas dipisahkan dari tanah

lapisan bawah dan dibiarkan beberapa hari. Pada lubang tanam ditempatkan tiang-tiang bambu yang berfungsi sebagai penyangga bibit agar posisinya tegak lurus. Setiap lubang menggunakan dua tiang bambu.

#### **4.4. Penanaman**

Penanaman bibit sagu sebaiknya dilakukan pada musim hujan. Apabila penanaman dilakukan pada musim kemarau, bibit yang telah memiliki 3-4 daun sebaiknya dipangkas untuk mengurangi penguapan. Salah satu tindakan budi daya yang dapat menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman sagu adalah pengaturan jarak tanam atau populasi tanaman per satuan luas. Tanaman sagu yang tumbuh secara alami, biasanya memiliki jarak tanam yang tidak teratur, sehingga terjadi persaingan dalam pemanfaatan air, unsur hara, dan cahaya matahari antar individu tanaman. Pengaturan jarak tanam yang tepat dapat mengurangi persaingan antar individu tanaman..

Penanaman pada perkebunan sagu dikenal dengan sistem blok. Bibit sagu ditanam tegak lurus menggunakan penyangga yang telah dipersiapkan sebelumnya. Apabila terdapat tanaman yang mati dilakukan penyulaman dan sebaiknya dilakukan pada musim hujan. Jarak tanam sagu adalah 8 m x 8 m atau 10 m x 10 m, dengan populasi tanaman per hektar berturut-turut 156 dan 100 pohon.

Bibit sagu dimasukkan ke dalam lobang tanam dengan posisi tegak lurus, dan diberi dua tiang penyangga dengan posisi huruf X. Tujuan pemberian penyangga yaitu agar tanaman pertumbuhannya tegak lurus dan apabila terjadi banjir, bibit yang baru ditanam tidak hanyut. Selanjutnya

lubang tanam ditutup dengan tanah subur tetapi jangan dipadatkan.

#### **4.5. Pemeliharaan Tanaman**

Untuk memperoleh produksi pati yang optimal dilakukan pemeliharaan tanaman yang meliputi pemeliharaan blok, penjarangan dan penyulaman, pengendalian gulma, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, serta penanggulangan kebakaran.

##### **4.5.1. Pemeliharaan Blok (Tebas lorong)**

Pemeliharaan blok dilakukan dengan cara menebas gulma di sepanjang jalur tanaman sagu, dengan lebar lorong yang ditebas 2 m. Penebasan gulma pada lorong tersebut dilakukan hingga batas permukaan tanah, dan jalur gulma yang ditebas harus simetris dengan tanaman sagu (tanaman sagu berada di tengah-tengah lorong yang ditebas dengan jarak 1 m dari samping kiri dan kanan tanaman). Pemeliharaan blok dilakukan 3-4 kali setahun.

##### **4.5.2. Penjarangan dan penyulaman**

Setelah sagu tumbuh subur, biasanya di sekeliling pohon induk akan muncul tunas-tunas yang lama-kelamaan berkembang menjadi anakan sagu. Pertumbuhan anakan sagu tersebut menyebabkan tanaman semakin rapat sehingga menyulitkan pemeliharaan dan pemanenan. Maka yang terlalu rapat menjadi persaingan bagi pohon induk dalam mendapatkan unsur hara dari tanah maupun cahaya matahari. Persaingan tersebut dapat menghambat pertumbuhan batang utama sehingga kandungan pati berkurang dan produktivitas menurun. Oleh karena itu, setelah berumur satu tahun,

anakan yang tumbuh di sekitar pohon induk dimusnahkan dengan tujuan untuk penjarangan sehingga diperoleh produksi pati yang tinggi.

Penjarangan dilakukan dengan menyisakan satu anakan setiap tahun. dan dilakukan setelah penyiangan. Tujuannya adalah untuk agar pertumbuhan pohon utama dan pohon-pohon sagu berikutnya yang diinginkan, (b). perkembangan pohon-pohon sagu di setiap rumpun seragam dan diharapkan satu rumpun terdiri atas 6-8 pohon dengan tahap pertumbuhan yang berbeda. Menurut Bintoro (2008) agar tanaman sagu dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, dalam satu rumpun maksimal terdapat 6-8 tanaman dengan berbagai tingkat umur. Dalam 1-2 tahun hanya dipertahankan satu anakan sagu yang tumbuh. Dengan demikian dalam kurun waktu 1-2 tahun akan dipanen satu pohon sagu. Menurut Tong dalam Haryanto (1992), penjarangan anakan idealnya sekali dalam setahun. Jumlah pohon yang disisakan atau dibiarkan tumbuh dalam satu rumpun bergantung pada jenis dan spesies sagu seta tingkat pertumbuhan tanaman.

Sensus tanaman yang mati dilakukan setelah tiga bulan dan kegiatan penyulaman dapat langsung dilaksanakan, sehingga dalam areal perkebunan tidak kosong. Penyulaman pada musim kemarau atau pada kondisi lahan yang kering sering mengalami kegagalan. Penyulaman menggunakan bibit yang telah memiliki 3-4 pelepah daun, yang telah dipersiapkan sebelum penanaman. Penyulaman masih dapat dilakukan hingga tanaman berumur tiga tahun. Di atas umur tersebut, hasil penyulaman kurang baik, karena tanaman sulaman terlindungi oleh kanopi tanaman sagu yang sudah melebar, sehingga tidak dapat memperoleh sinar matahari yang cukup untuk pertumbuhannya.

### **4.5.3. Pengendalian gulma**

Pengendalian gulma penting dilakukan untuk mengurangi kompetisi dalam memperoleh sinar matahari, ruang dan nutrisi pada tahap awal pertumbuhan sagu. Gulma berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan sagu. Gulma menyebabkan tanaman utama terhambat pertumbuhan dan perkembangannya, terutama jika gulma telah ada pada fase kritis tanaman sagu. Pengendalian gulma dilakukan pada tanaman sagu muda (3-5 tahun) karena pada umur tersebut tanaman sagu rentan terhadap serangan hama. Selain itu gulma memperbesar peluang terjadinya kebakaran kebun apabila lokasi penanaman sagu tersebut berada di lahan gambut.

Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan tangan, sabit, parang, cangkul dan alat pertanian lainnya. atau menggunakan herbisida. Pengendalian dilakukan di sekitar piringan tanaman dan lorong sagu. Pengendalian gulma juga bertujuan memudahkan dalam operasional kebun. Pengendalian gulma pada piringan akan mengefisienkan pupuk yang diberikan dan menghindari hama penyakit. Penyiangan dengan herbisida meningkatkan biaya pengendalian gulma dibandingkan dengan cara manual. Selain itu, herbisida merusak tanaman sagu dan aplikasi herbisida sulit dilaksanakan selama musim hujan dan hari-hari yang berangin. Gulma dapat dikomposkan, tetapi gulma yang menjadi tempat berkembang biaknya serangga hama dibakar dan abunya digunakan sebagai pupuk (Manaroinsong *et al.* 2008)

### **4.5.4. Pemupukan**

Pemupukan merupakan tindakan budi daya yang penting sebagai upaya menyediakan unsur hara bagi tanaman

sehingga diperoleh pertumbuhan tanaman dan produktivitas yang optimal. Pemupukan dilaksanakan dua minggu setelah pengendalian gulma .

Pupuk adalah bahan organik maupun bahan anorganik yang diberikan ke dalam tanah untuk mengganti unsur hara yang hilang dan berfungsi untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Tidak lengkapnya unsur hara makro dan mikro dalam tanah akan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sagu. Tanaman sagu akan tumbuh dengan baik apabila hara di dalam tanah tersedia cukup. Menurut Flach *dalam* Bintoro (2008), apabila dalam satu hektar dipanen 136 batang sagu maka unsur hara yang terangkut panen sebanyak 100 kg N, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 240 kg K<sub>2</sub>O dan 80 kg MgO serta berbagai unsur mikro. Oleh karena itu, pemupukan sangat perlu untuk menyediakan agar unsur hara yang dibutuhkan tanaman sagu sehingga produksi yang tinggi akan tercapai.

Menurut Bintoro (2008), hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemupukan tanaman sagu adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum melakukan pemupukan, diperlukan perencanaan menyangkut kondisi dan waktu yang tepat untuk pemupukan, seperti ketersediaan pupuk, tenaga kerja, cuaca, dan alat pengangkut pupuk.
- b. Piringan tanaman sagu telah dibersihkan dari gulma.
- c. Pupuk tidak mengenai pelepah daun
- d. Penempatan pupuk harus tepat dan sesuai dosis anjuran.

Pemupukan dilakukan dengan membenamkan pupuk dalam tanah, agar tidak terbawa air sebelum diserap akar tanaman, terutama pada lahan rawa atau dataran rendah dan pasang surut yang sering terjadi luapan air. Pupuk diberikan secara melingkar di sekeliling rumpun atau secara lokal di sisi

rumpun pada jarak sejauh pertengahan antara ujung tajuk dengan pohon/rumpun sagu. Waktu pemupukan untuk tanaman sagu adalah hingga satu tahun menjelang panen, pemupukan dilakukan 1-2 kali setahun. Pemupukan sekali setahun, dilakukan pada awal musim hujan, sedangkan untuk pemupukan dua kali setahun dilakukan pada awal dan akhir musim hujan, masing-masing dengan setengah dosis. Jenis dan dosis pupuk untuk tanaman sagu di lahan gambut disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Jenis dan dosis pupuk tanaman sagu berdasarkan umur tanaman di lahan gambut

Umur tanaman	Jenis Pupuk						
	Dolomit	Urea	RP	MOP	Cu	Borat	Zn
	Dosis pupuk ( g/pohon/tahun)						
1	300	60	60	40	50	20	50
2	600	150	70	60	50	20	50
3	2000	350	200	200	50	20	50
4	3000	650	350	350	50	20	50
5	4000	750	450	400	50	20	50
6	4500	900	600	800	50	20	50
7	4500	1050	700	1000	50	20	50
8	5000	1200	800	1200	50	20	50
9	5000	1300	900	1600	50	20	50
10	5000	1499	1000	2000	50	20	50
➤ 10	5000	1500	1000	2200	50	20	50

Sumber: National Timber and Forest Product Unit HTI Murni Sagu (2009)

Tabel 3. Dosis pupuk tanaman sagu berdasarkan umur tanaman di lahan mineral (rawa)

Umur Tanaman (tahun)	Jenis pupuk				
	Dolomit	Urea	SP-36	KCl	Kieserit
	Dosis pupuk (g/pohon/tahun)				
0	300	0	0	0	0
1	500	100	100	50	0
2	2000	150	150	100	0
3	3000	200	200	150	30
4	4000	250	0	250	40
5	4500	300	300	250	50
6	4500	400	0	400	80
7	5000	500	500	500	100
8	5000	500	0	600	120
≥ 9	3500	500	500	700	140

#### 4.5.5. Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama yang dominan pada tanaman sagu ialah kumbang *Oryctes rhinoceros* L, *Rynchoporus* sp. (kumbang sagu), *Artona catoxantha* Hamps. Pengendaliannya dapat dilakukan secara mekanis, kimiawi, dan biologis. Secara mekanis dilakukan dengan menebang pohon sagu yang terserang lalu dibakar. Secara kimiawi, pengendalian dapat menggunakan insektisida seperti Heptachlor 10 g, Diazine 10 g, dan BHC, sedangkan secara biologis dengan menyebarkan musuh alami dari serangga perusak tanaman sagu. Hama lainnya ialah babi hutan dan kera.

Penyakit yang merusak tanaman sagu adalah bercak daun yang disebabkan oleh cendawan *Cercospora* sp. Penyakit ini dapat dikendalikan dengan fungisida atau dengan sanitasi lingkungan (Haryanto dan Pangloli 1999).

Pengendalian hama dan penyakit di perkebunan sagu dilakukan secara berkala, yaitu enam bulan sekali. Pengendalian secara spontan dilakukan apabila ditemukan serangan hama dan penyakit yang cukup parah.

#### **4.6. Rehabilitasi Hamparan Sagu**

Lebih dari satu juta hektar hutan sagu alam dilaporkan terdapat di Indonesia (Flach 1984), terutama di Provinsi Papua dan Papua Barat. Hutan sagu alam dapat diubah menjadi perkebunan sagu berkelanjutan melalui rehabilitasi. Cara ini merupakan jalan pintas untuk pembangunan perkebunan sagu. Pengelolaan dan teknik budi daya untuk membangun perkebunan sagu baru dapat diterapkan dengan modifikasi yang cocok untuk mengonversi hutan sagu alam menjadi perkebunan sagu berkelanjutan. Aspek penting yang perlu diperhatikan adalah (a) pembangunan infrastruktur, (b) selektif pada pohon sagu dewasa, (c) kepadatan tanaman pada tingkat optimal, (d) pengendalian anakan sehingga dapat melakukan panen secara reguler dan, (e) aplikasi unsur hara dengan dosis yang tepat untuk mempertahankan pertumbuhan yang berkelanjutan.

Bergantung pada kepadatan tanaman dan produktivitas pati, hutan sagu alami yang relatif baik dapat menghasilkan 60-150 batang sagu siap panen per hektar (Matanubun *et al.* 2005; Istalaksana *et al.* 2005; Luhulima *et al.* 2005). Ini setara dengan 12-30 ton pati kering atau 6-15 ton bioetanol per hektar. Jika panen awal tinggi, misalnya 221 pohon per hektar (Luhulima *et al.* 2005), jumlah pohon sagu yang dapat dipanen pada beberapa tahun berikutnya akan menurun tajam. Rehabilitasi hutan sagu yang tepat akan memperoleh hasil

setelah 4-5 tahun dan hasil ini lebih stabil dibandingkan dengan kebun sagu yang dibudidayakan secara intensif.

Pohon sagu dengan kerapatan rumpun awal yang lebih rendah sekitar 60 pohon akan menghasilkan pati 175 kg pohon (Matanubun *et al.* 2005), hasil panen awal sekitar 10 ton/tahun dan tetap konstan atau agak meningkat ke normal secara berkelanjutan dalam waktu yang lebih singkat. Hasil penelitian Allorerung *et al.* 1994 menunjukkan bahwa populasi sagu per hektar adalah 625 rumpun dengan anakan 4-5 per rumpun. Anakan sagu tumbuh lebih baik pada lahan yang direhabilitasi. Menurut Bintoro (2008), agar tanaman sagu dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, dalam satu rumpun maksimal terdapat 6-8 tanaman dengan berbagai tingkat umur

Rehabilitasi hutan sagu alam secara signifikan menghemat waktu dan biaya investasi dibandingkan dengan pembangunan perkebunan baru. Matanubun *et al.* (2005), Istalaksana *et al.* (2005); dan Luhulima *et al.* (2005) melaporkan bahwa hutan sagu alam ini dimiliki oleh penduduk setempat melalui hak tanah asli adat. Wawancara dengan penduduk setempat mengungkapkan bahwa pemilik konsesi dan desa di daerah-daerah bersedia untuk berpartisipasi dalam suatu kegiatan pembangunan, asalkan pembangunan tersebut bermanfaat bagi mereka. Meskipun demikian, sejumlah besar pekerjaan harus dimulai untuk bernegosiasi dengan penduduk setempat untuk penggunaan konsesi, sistem pembangunan dan manfaat bagi penduduk setempat, persetujuan dan dukungan dari pemerintah daerah dan atau pemerintah pusat, penilaian lingkungan, dan lain-lain sebelum operasi teknis dapat dimulai.

# V. PANEN DAN PENGOLAHAN

## 5.1. Panen

Pohon sagu *Metroxylon* sp., dapat dipanen pada umur 8-15 tahun, tetapi menurut masyarakat di sentra sagu, sebaiknya sagu dipanen pada umur 10-12 tahun. Pelaksanaan panen hanya berdasarkan umur sangat sulit dilakukan. Oleh karena itu, ada cara lain untuk menilai, pohon sagu yang siap panen. Dalam praktik, untuk pelaksanaan panen dibedakan menjadi empat tingkat kematangan, yakni waktu putih masa, waktu jantung, waktu siri buah, dan waktu wali tua. *Waktu putih masa* adalah waktu antara daun yang lebih pendek mulai terlihat hingga keluarnya jantung (karangan bunga). Pada waktu itu pohon tidak berduri, karena pangkal daun telah jatuh, *Waktu jantung* adalah waktu antara permulaan munculnya jantung hingga waktu jantung terbuka. Jika batang pada tingkat ini dipanen, hasilnya sama dengan tingkat sebelumnya (waktu putih masa), tetapi patinya mempunyai rasa yang lebih enak. *Waktu siri buah* adalah waktu antara terbukanya jantung hingga munculnya bunga cabang sisi dari buahnya. Pada tingkat ini, pohon sagu harus dipanen, jika tidak dipanen, pati akan berkurang dan pohon akan mati perlahan-lahan. *Waktu wali tua* adalah waktu sebelum putih masa, yaitu seluruh batang telah mengandung pati yang maksimum, lebih-lebih bagian sebelah atas. Waktu terbaik untuk panen adalah waktu wali tua atau sebelum waktu wali tua (Tan Hong Tong 1982).

Di Pulau Seram Maluku, sagu rumbia (*Metroxylon* sp.), yang layak panen ditandai dengan makin mengecilnya ukuran daun, munculnya daun bendera dan karangan bunga yang

berbentuk tanduk, diperkirakan berumur 10-12 tahun. Untuk sagu baru (*Arenga microcarpa*) yang terdapat di Pulau Sangihe Sulawesi Utara, pohon sagu dipanen apabila ukuran daun makin mengecil, dan munculnya daun bendera, diperkirakan umur 8-10 tahun (Lay *et al.* 1998). Pada perkebunan sagu, baik sagu *Metroxylon* sp maupun sagu *Arenga* sp, setiap rumpun sangat beragam, mulai dari anakan belum berbatang sampai pohon lewat panen (Tabel 4.)

Tabel 4. Rata-rata jumlah rumpun sagu per plot (20 m x 20 m) berdasarkan jenis/tipe sagu

Jenis sagu	Tipe	Jumlah rumpun /plot	Jumlah anakan/ rumpun	Jumlah pohon belum berbatang / rumpun	Jumlah pohon berbatang / rumpun	Pohon siap panen / rumpun	Pohon lewat panen/ rumpun
<i>Metroxylon</i> sp	Molat	3,8	36,76	2,27	1,27	1,66	0,22
	Tuni	1,9	44,49	2,39	0,61	0,33	0,22
	Ihur	0,8	25,89	0,16	0,33	0,44	0,05
	Makanaru	0,5	13,94	0,28	0,33	0,16	0,00
<i>Arenga</i> sp.	Baruk	11,2	112,05	0,00	48,72	4,22	0,05

Sumber: Lay, *et al.* (1998)

Pada Tabel 4, terlihat bahwa perkembangan tanaman sagu terbanyak dalam bentuk anakan, menyusul yang mempunyai pangkal dan berbatang, terendah pada tingkat pertumbuhan lewat panen. Apabila anakan yang tidak produktif tidak dikeluarkan dari rumpun maka pertumbuhan anakan produktif akan terhambat. Anakan tidak produktif dipisahkan dari rumpun dan dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak dan pupuk organik.

Populasi sagu *Metroxylon* sp. yang dominan di Maluku Tengah (Pulau Seram) adalah sagu Molat. Umumnya sebaran *Metroxylon* sp. terdapat daerah datar, basah, dan agak berawa, sedangkan sebaran *Arenga microcarpa* pada daerah

kering dan topografi berlereng. Pada kedua lokasi penelitian ini, pohon sagu rumbia (*Metroxylon* sp.) yang lewat panen sangat rendah, yaitu rata-rata 0,12 pohon/plot (400 m<sup>2</sup>) atau 3 pohon/ha dari populasi 65 pohon/ha atau 4,6% dari pohon yang siap panen. Untuk sagu baruk (*Arenga microcarpa*) di Sangihe Sulawesi Utara, dari potensi pohon siap panen sebanyak 4,22 pohon/plot, yang lewat panen hanya 0,05 pohon atau 1,25 pohon/ha dari populasi 105,5 pohon/ha atau rata-rata yang tidak dipanen sebanyak 1,1%. Berdasarkan data tersebut, ternyata pemanfaatan sagu baruk lebih intensif dibanding sagu rumbia.

Berdasarkan tinggi sagu rumbia di Kabupaten Maluku Tengah, dan sagu baruk di Kabupaten Sangihe, ternyata umur panen sagu dapat diindikasikan melalui perkembangan dan tinggi tanaman (Tabel 5).

Tabel 5. Jumlah tanaman berdasarkan tinggi pohon sebelum dan saat panen pada beberapa tipe sagu

Jenis Sagu	Tipe sagu	Jumlah tanaman				
		Tinggi 1-4 m	Tinggi 5-8 m	Tinggi 9-12 m	Tinggi ≥13 m	Tinggi saat panen
<i>Metroxylon</i> sp.	Molat	11,5	5,0	8,5	4,5	8-15
	Tuni	3,0	5,0	1,5	1,0	8-22
	Ihur	2,5	2,0	3,5	1,0	8-17
	Makanaru	0,5	3,0	1,0	0,5	8-13
<i>Arenga microcarpa</i>	Baruk	36,6	15,9	1,0	0,0	7-12

Sumber: Lay *et al.* (1998)

Sebaran tinggi pohon sagu (Tabel 5), menunjukkan bahwa tinggi pohon sagu yang layak panen untuk *Metroxylon* sp. minimal 9-12 m, sedangkan *Arenga microcarpa* minimal 7-

8 m. Dengan demikian, perencanaan penebangan tidak mutlak bergantung saat panen yang tepat, melainkan dapat digunakan indikasi tinggi pohon sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan eksploitasi, terutama pada pengolahan sagu skala menengah-besar.

## **5.2. Pengolahan**

Pemanfaatan dan nilai tambah sagu di tingkat petani masih sangat terbatas karena cara pengolahannya masih tradisional, menghasilkan pati dengan rendemen yang rendah dan tidak efisien. Eksploitasi hutan sagu masih secara manual, berbeda dengan eksploitasi yang dilakukan oleh industri skala menengah besar. Pengolahan sagu skala petani masih terbatas karena cara pengolahan manual disebabkan tidak tersedianya alat pengolahan sagu yang memadai secara lokal, dan masalah dalam pemasaran produk pati sagu basah. Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan pemberdayaan petani dengan dukungan peralatan pengolahan yang memadai, agar petani dapat meningkatkan kemampuannya dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengolahan sagu.

Pengolahan sagu di tingkat petani umumnya dilakukan oleh kepala keluarga dan dibantu anak-anaknya yang sudah dapat bekerja. Proses utama pengolahan sagu adalah memarut empulur batang dan mengekstrak hancuran empulur dengan air untuk memisahkan pati dengan ampas. Pengolahan menggunakan peralatan manual berupa tokok yang berfungsi untuk pamarutan empulur sagu yang terdapat dalam batang sagu. Tokok berupa potongan kayu yang pada bagian ujungnya dipasang besi untuk memudahkan memarut empulur, kadang-kadang dalam bentuk papan yang dipasang paku. Untuk mengekstrak pati sagu dari hancuran empulur

sagu digunakan kain saring berupa kain blacu atau kain sifon. Ekstrak atau pati sagu ditampung dapat menggunakan kulit kayu dan kain plastik.

Pengolahan sagu basah skala pabrik dilakukan dengan menggunakan mesin pamarut dengan kapasitas olah mencapai 100 pohon/hari, dan untuk mengekstrak pati sagu dari hancuran empulur digunakan bak pengendap yang dilengkapi pengaduk dan saringan, sehingga pati basah akan terpisah dari serat empulur. Ekstrak pati dialirkan dan ditampung pada bak pengendap yang lain.

Saat ini, untuk pengolahan pati sagu skala pedesaan sudah tersedia alat pengolah sagu mekanis, yang dikenal dengan nama alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu. Proses pamarutan dan ekstraksi dengan menggunakan alat ini berlangsung secara mekanis dan terpadu dalam satu sistem proses. Kapasitas olah sekitar 2 pohon/hari, rendemen pati sagu basah berkisar 25-30% dan tingkat kehilangan hasil berkisar 2,2-2,5%. Dibandingkan dengan alat pengolahan sagu mekanis yang umum dipakai pada pengolahan sagu, alat ini lebih efisien karena sedikit menggunakan tenaga kerja, penanganan lebih praktis, dan sesuai digunakan pada skala kelompok tani (Lay 2002). Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu tercantum pada Gambar 4.

Pengolahan sagu baruk yang efisien dapat menggunakan alat pengolah sagu mekanis sistem terpadu (Gambar 4), untuk mengolah sagu rumbia (*Metroxylon sp.*) dengan kapasitas olah 190 kg empulur/jam atau 1.520 kg/hari. Alat ini terdiri atas tiga komponen utama, yaitu unit pamarut, unit ekstraksi dan unit pengendap, yang dirancang terpadu dalam satu sistem proses dengan daya mekanis 10 Hp. Pada penggunaan alat ini, kulit batang tidak perlu dikupas. Batang sagu baruk dipotong sepanjang 1 m dan dibelah menjadi

empat bagian untuk memudahkan pamarutan empulur. Proses pamarutan empulur sagu, ekstraksi hancuran empulur, dan pengendapan pati berlangsung simultan. Kebutuhan air ekstraksi berkisar 4-5 l/kg hancuran empulur. Agar proses pengolahan efektif, sebaiknya alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu digunakan dalam bentuk usaha kelompok tani/gabungan kelompok tani atau usaha kecil menengah.



Gambar 4. Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu

Cara pengolahan sagu basah dengan menggunakan alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu sebagai berikut:

- a) Pohon sagu ditebang lalu gelondongan batang sagu dipotong dengan ukuran panjang 50-60 cm (d disesuaikan dengan penggunaan kulit batang sebagai bahan bangunan). Batang sagu lalu dibelah menjadi empat bagian untuk memudahkan proses pamarutan.
- b) Pamarutan menggunakan sistem pemegangan. Empulur sagu baruk diparut dengan arah sejajar gerigi pamarut.

Proses pamarutan selesai jika seluruh empulur sagu telah terparut, yang ditandai ketebalan kulit batang berkisar 1,25-1,50 cm.

- c) Bersamaan dengan proses pamarutan, air ekstraksi dialirkan ke unit pengolahan agar dapat membantu menahan hancuran empulur dan mengalirkan ke unit ekstraksi secara kontinu selama pengolahan berlangsung.
- d) Pada proses ekstraksi, suspensi pati (cairan yang mengandung pati) akan terpisah dengan serat. Selanjutnya suspensi pati mengalir ke unit pengendap dan akan mengendap.
- e) Proses pencucian sagu dilakukan setelah selesai satu periode proses atau satu hari pengolahan. Sisa air proses yang terdapat pada permukaan pati yang telah mengendap dialirkan keluar, kemudian dimasukkan ke dalam bak pengendap. Selanjutnya dilakukan pengadukan pati basah dengan air proses secara manual untuk mengeluarkan asam-asam dan zat warna dari pati.
- f) Pati diendapkan selama 30 menit. Apabila endapan pati telah menjadi padat, air sisa proses yang ditambahkan dikeluarkan dengan hati-hati agar pati tidak terbawa aliran air tersebut.
- g) Setelah sisa air proses dikeluarkan, yang tertinggal adalah pati basah. Pati basah dikeluarkan dari bak pengendap, selanjutnya dimasukan ke dalam wadah penampung. Pati basah ini dapat dikonsumsi langsung sebagai bahan pangan atau diolah menjadi tepung sagu (Lay 2002).

Pengolahan sagu skala industri menengah-besar sudah berkembang di Selat Panjang, Riau dan Bituni, Papua, dengan produk utama tepung sagu kering. Di sentra produksi sagu lainnya, seperti Maluku, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara,

Sulawesi Utara, dan Sumetara Barat, pengolahan sagu umumnya masih menggunakan alat pengolahan mekanis skala kecil dengan kapasitas olah 1 pohon/hari. Pengolahan sagu skala industri menengah-besar bersifat eksploitasi hutan sagu, tanpa ada upaya penanaman kembali. Pemulihan hutan sagu secara alami membutuhkan waktu cukup lama. Oleh karena untuk keberlanjutan pengusahaan sagu skala industri menengah-besar, perlu upaya agar *natural sago forest* (hutan sagu alami) menjadi *sustainable sago plantation* (perkebunan sagu berkelanjutan). (Lay *et al.* 2003), seperti pengolahan sagu skala industri di Selat Panjang, Riau.

# VI. PRODUK PANGAN DAN ENERGI TERBARUKAN

## 6.1. Produk Pangan

Di Indonesia, sagu merupakan komoditas sumber karbohidrat yang cukup penting dan menempati urutan ke empat setelah ubi kayu, jagung, dan ubi jalar (Widaningrum *et al.* 2005). Berat molekul dan ukuran butir pati sagu lebih besar dibanding bahan pati lainnya. Keunggulan pati sagu yang tidak dimiliki pati dari tanaman lain, yaitu pada keadaan basah dengan kadar air sekitar 33% dapat tahan simpan 2 - 3 bulan (Gambar 5). Komposisi kimia sagu per 100 gram bahan adalah kalori (Kal) 326,82, protein 0.43 g, lemak 0.26 g, karbohidrat 81,19 g, kadar air 18,10 g, abu 0,14 , pati 62,59 g (Lawalata 2004) dan vitamin B1 0,1 mg, kalsium (Ca) 10 mg, fosfor (P) 95 mg dan besi (Fe) 1.5 mg (Mahmud *et al.* 2005) serta mengandung 35 - 39% amilosa (Polnaya *et al.* 2008).

Ditinjau dari kandungan gizinya, sagu tergolong berkadar protein rendah, namun daya terima sagu sebagai bahan substitusi pada beberapa produk makanan olahan (*snack, mi, gel*) cukup baik. Ini mengindikasikan bahwa potensi sagu dapat ditingkatkan melalui teknologi pengolahan makanan.



Gambar 5. Pati sagu basah (a) dalam kemasan tradisional dan pati sagu kering (b) dalam kemasan plastik

Sagu mengandung pati resisten (*resistant starch, RS*) yang sangat bermanfaat untuk kesehatan, antara lain: (a) memperbaiki kesehatan saluran pencernaan (memperbaiki kesehatan kolon dengan cara mamacu perkembangan sel-sel sehat yang kuat); (b) sebagai prebiotik (menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri menguntungkan seperti *bifidobacteria*), serta menurunkan konsentrasi bakteri patogen (misal *Escherichia coli* dan *Clostridia*); (c) mengelola energi dan respons gliskemik (dapat menurunkan ketersediaan karbohidrat tercerna, tingkat respons gliskemik rendah). Oleh karena itu, pemanfaatan pati resisten dapat diarahkan pada pengembangan pangan untuk penderita diabetes maupun untuk mereka yang melakukan diet (Munarso 2004; Sajilata *et al.* 2006). Selain itu, pati resisten memiliki nilai kalori rendah yaitu 1,9 kal/g, sehingga dapat menjadikan ingredien untuk pangan rendah kalori (Taggart 2004).

Di beberapa daerah di Indonesia, seperti Papua dan Maluku, pati sagu telah dimanfaatkan sebagai sumber pangan utama, namun secara nasional kontribusinya masih rendah. Seiring dengan terjadinya perubahan sosial di masyarakat,

peran sagu sebagai pangan pokok mulai tergeser. Ada anggapan bahwa sebagai pangan pokok, sagu berada pada posisi yang lebih rendah dibanding beras atau terigu (Hutapea *et al.* 2003). Dikemukakan juga oleh Menteri Pertanian, bahwa dibandingkan dengan konsumsi terigu, konsumsi sagu semakin tertinggal. Konsumsi terigu pada tahun 2009 mencapai 12.88 kg/kapita/tahun, sedangkan di desa 9.05 kg/kapita/tahun (Anonim, 2010a). Konsumsi sagu di perkotaan 0,08 kg/kapita/tahun lebih rendah dibanding pedesaan 0,71 kg/kapita/tahun". Oleh karena itu, Kementerian Pertanian mengusulkan agar penyaluran beras untuk rakyat miskin (raskin) dicampur sagu atau lainnya (Anonim. 2010b) sebagai sumber karbohidrat. Laporan terakhir menunjukkan bahwa konsumsi tepung terigu di Indonesia mencapai 18 kg/kapita/tahun dan setiap tahunnya meningkat 5-10% (Noer 2011).

### **6.1.1. Pengolahan Biskuit**

Biskuit merupakan salah satu jenis produk pangan yang paling sering dikonsumsi sebagai makanan selingan atau makanan tambahan. Produk ini dibuat dengan memanggang adonan yang mengandung bahan dasar tepung terigu, lemak dan bahan pengembang, dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang diizinkan. Biskuit diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu biskuit keras, crackers, cookies dan wafer (SII.0177-90, 1990). Bahan yang digunakan dalam pembuatan biskuit dibedakan menjadi bahan pengikat (*binding material*) dan bahan pelembut (*tenderizing material*). Bahan pengikat terdiri atas tepung, air, susu bubuk, putih telur, dan coklat. Bahan pelembut terdiri atas gula, lemak atau minyak (*shortening*), bahan pengembang, dan kuning telur. Lemak nabati (margarin) lebih banyak digunakan karena memberikan rasa

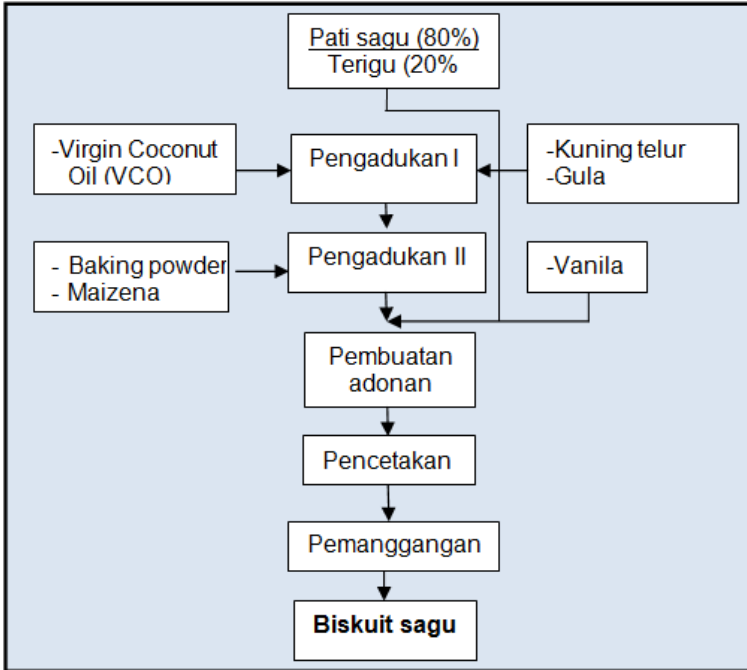
yang lembut (Sitorus 2004).

Pengolahan biskuit yang disubstitusi pati sagu dan menggunakan bahan pelembut minyak nabati (virgin coconut oil/VCO) telah dilaksanakan Balit Palma. Pada awal tahun 2003, VCO menjadi salah satu produk yang diminati konsumen karena memiliki kandungan asam laurat (C12) yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak nabati lain. Berbagai hasil penelitian di era 1990-an membuktikan berbagai manfaat VCO untuk kesehatan (Bruce Fife 2004., Price 2004, Darmoyuwono 2006), yaitu (a) sebagai sumber energi tubuh, (b) sebagai penyembuh penyakit akibat virus, mikroba, protozoa, jamur dan cacing, (c) dapat mengatasi penyalit akibat gangguan metabolisme dan degeneratif, (d) sebagai bahan kecantikan/kesehatan kulit, dan (e) dapat mengatasi penyakit kelamin seperti gonore dan keputihan.

Pada beberapa tahun terakhir, minat konsumen terhadap VCO mulai menurun sehingga perlu solusi penggunaannya dalam pengolahan produk makanan agar manfaatnya masih dapat dinikmati konsumen. Salah-satunya ialah cara memanfaatkannya sebagai bahan baku pada pengolahan biskuit.

#### ***A. Deskripsi pengolahan biskuit sagu***

Bahan yang digunakan terdiri atas pati sagu, VCO, margarin/bebas lemak trans, tepung terigu berprotein tinggi, gula, telur dan bahan tambahan lainnya. Peralatan yang digunakan adalah mixer, cetakan kue, oven, timbangan kasar, dan alat bantu lainnya.



Gambar 6. Diagram alir pengolahan biskuit sagu (Rindengan *et al.* 2012)

Prosedur pengolahan adalah sebagai berikut: kuning telur, margarin/VCO, dan gula diaduk sampai homogen, kemudian ditambah *baking powder* dan maizena. Selanjutnya tambahkan pati sagu dan tepung terigu secara bertahap sambil diaduk membentuk adonan. Kemudian adonan dicetak, lalu dipanggang dalam oven bersuhu 130°C, selama 20 menit. Sistematika pengolahan dapat dilihat pada Gambar 6 dan penampilan biskuit sagu (substitusi pati sagu 80%) disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Biskuit menggunakan 80% pati sagu dan 20% terigu (Rindengan *et al.* 2012)

### **B. Nilai gizi biskuit sagu**

Standar Nasional Indonesia-SNI 01-2973-1992 untuk biskuit adalah sebagai berikut: kadar air (maksimum) 5%, protein (minimum) 9%, lemak (minimum) 9%, abu (maks) 1,5%, serat kasar (maksimum) 0,5%, karbohidrat (minimum) 70%. Rindengan *et al.* (2012) melaporkan bahwa berdasarkan hasil analisis fisikokimia, uji organoleptik dan tingkat substitusi pati sagu serta kandungan asam lemak rantai medium, biskuit yang baik diperoleh dari formula yang disubstitusi pati sagu 80% dengan bahan baku lemak dari VCO. Komposisi gizi formula tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi biskuit sagu dengan penambahan VCO dan margarin

No.	Uraian	Biskuit 80% pati sagu+VCO	Biskuit 80% pati sagu+Margarin
1	Kadar air (%)	0,25	0,21
2	Kadar protein (%)	6,19	7,02
3	Kadar lemak (%)	19,68	18,52
4	Kadar abu (%)	1,35	1,57
5	Kadar Karbohidrat/ by difference (%)	72,50	72,51
6	Kadar serat kasar (%)	8,23	4,68
7	Asam lemak rantai medium /C10+C12 (%)	42,51	0,38
8	Nilai kalori (Kal)	491,88	484,20

Sumber: (Rindengan, *et al.* (2012)

Berdasarkan Tabel 6.1, nilai kalori pada formula biskuit sagu yang ditambah VCO lebih tinggi dari formula yang ditambah margarin. Tetapi sebgain besar lemak yang terkandung pada biskuit yang ditambah VCO tergolong asam lemak rantai medium, sehingga tidak terdeposit sebagai cadangan lemak karena mudah masuk ke sistem peredaran darah langsung ke hati dan segera diubah menjadi energi seperti karbohidrat (Bruce Fife 2004; Price 2004; Timoti 2005; Darmoyuwono 2006).

### 6.1.2. Pengolahan roti

Berdasarkan rasanya, terdapat dua macam roti, yaitu roti manis dan roti tawar. Roti manis adalah roti yang mempunyai cita rasa manis yang menonjol, bertekstur empuk, dan diberi bermacam-macam isi. Selain rasa, daya tarik roti manis terletak pada bentuk yang menarik. Roti tawar adalah roti yang dibuat dari adonan dengan sedikit gula atau tidak mengandung gula (Mudjajanto

dan Yuliati, 2004). Dari segi bahan dan penampakkannya, roti dapat dibedakan atas roti putih (*white bread*) dan roti cokelat (*whole wheat bread*). Roti putih dibuat dari tepung terigu, sedangkan roti cokelat dibuat dari tepung gandum utuh.

Roti termasuk salah satu produk pangan yang paling sering dikonsumsi, baik sebagai makanan selingan ataupun untuk sarapan. Karena alasan praktis, ada orang yang hanya mengonsumsi roti.

Roti umumnya diolah menggunakan tepung terigu sehingga secara nasional konsumsi tepung terigu setiap tahun meningkat, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Pada tahun 2012, diprediksi konsumsi tepung terigu Indonesia naik 6% menjadi 5 juta ton. Peningkatan ini terjadi karena meningkatnya permintaan terigu dari golongan menengah yang gemar mengonsumsi roti (Mahatama dan Afrianto 2012). Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada periode Januari sampai Juli 2013, impor terigu mencapai 92.754 ton atau setara dengan US\$ 40,9 juta (Jefriando 2013), sehingga secara tidak langsung Indonesia telah mensubsidi petani gandum di berbagai negara. Tingginya impor terigu disebabkan oleh meningkatnya produk-produk makanan yang menggunakan bahan baku terigu.

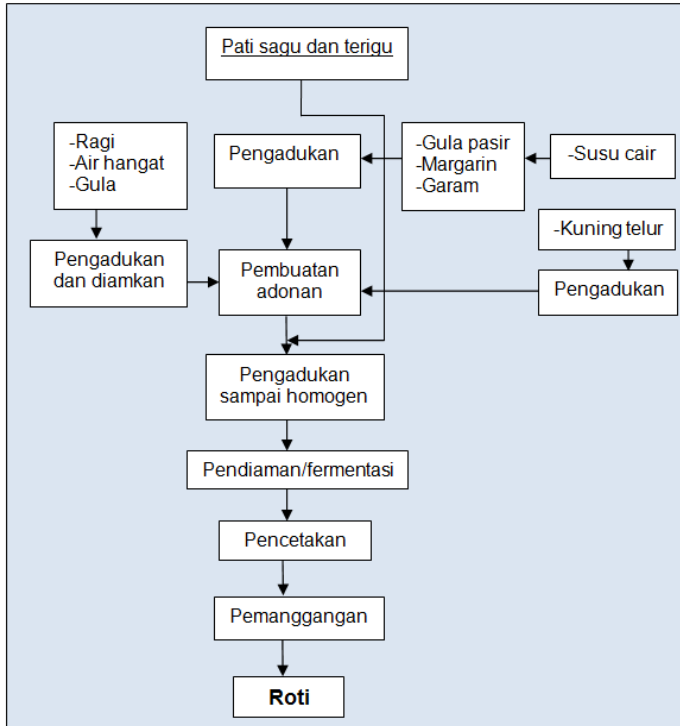
Selanjutnya, hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) pada tahun 2005 menunjukkan bahwa konsumsi nasional roti tawar sekitar 460 juta bungkus. Angka ini kemudian meningkat 61% pada tiga tahun berikutnya menjadi 742 juta bungkus. Konsumsi roti manis pada tahun 2005 diperkirakan 4,2 miliar potong, kemudian meningkat sebesar 53% pada tahun 2008 menjadi 6,4 miliar potong. Perkembangan dan perubahan gaya hidup modern di masa mendatang diprediksi akan meningkatkan konsumsi roti (Mulyadi 2011).

Saksono dan Monalisa (2011) melaporkan bahwa nilai konsumsi roti per kapita masyarakat Indonesia pada 2010 tumbuh tertinggi dibanding 11 negara Asia Pasifik lainnya. Nilai konsumsi roti di Indonesia naik 25% pada 2010 menjadi US\$ 1,5 per kapita per tahun, dari US\$ 1,2 per kapita per tahun pada 2009. Kenaikan tersebut menjadi yang tertinggi dibanding di negara seperti Korea Selatan, Singapura, Tiongkok, Taiwan, dan India pada periode yang sama. Oleh karena itu, perlu pemanfaatan bahan baku lokal untuk menggantikan sebagian tepung terigu sebagai bahan baku roti.

### **A. Deskripsi pengolahan roti**

Bahan baku sagu yang digunakan memiliki kadar protein 1,32-1,73%, abu 0,54-0,60%, lemak 0,82-0,85%, air 15-18%, serat kasar 3,35-3,47%, dan karbohidrat 78,82-82,32% (Rindengan, 2013). Bahan lainnya yang lazim digunakan dalam pembuatan roti, yaitu margarin, tepung terigu, gula, telur, dan ragi. Tepung terigu yang digunakan memiliki komposisi sebagai berikut (dalam 100 g): lemak 1 g, protein 11 g, karbohidrat 74 g (sesuai yang tertera pada label kemasan). Peralatan yang digunakan adalah *mixer*, oven, timbangan kasar, serta timbangan analitik, dan bahan pembantu lainnya. Pengolahan roti mengikuti proses yang sudah umum dilakukan. Margarin, gula dan garam diaduk selama 5 menit lalu ditambah susu cair dan diaduk lagi, kemudian ditambahkan adonan ragi dan kuning telur yang masing telah mengembang. Campuran bahan diaduk lagi sampai homogen. Selanjutnya, campuran pati sagu dan terigu dimasukkan dalam adonan sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga homogen dan didiamkan sekitar 15 menit. Adonan dibentuk bulat, ditempatkan dalam wadah, didiamkan selama 60 menit lalu dipanggang dalam oven pada suhu 130°C selama 20 menit. Sistematika pengolahan roti dapat dilihat

pada Gambar 8, sedangkan penampilan roti manis (substitusi pati sagu 20%) sebelum dan sesudah dipanggang disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 8. Roti berbahan baku pati sagu 20%



Gambar 9. Penampilan roti manis substitusi pati sagu 20% sebelum dan sesudah dipanggang (Rindengan 2013)

### **B. Nilai gizi roti manis substitusi pati sagu 20%**

Syarat mutu roti manis (SNI 01-3840-1995), antara lain adalah kadar air maksimum 40%, kadar abu maksimum 3%, kadar gula minimum 8%, lemak maksimum 3%, total mikroba maksimum  $10^6$  koloni/g, serta bau dan rasa normal (SNI, 1995). Komposisi gizi roti putih per 100 g adalah air 40 g, kalori 248 kkal, protein 8 g, lemak 1,2 g, karbohidrat 50 g, abu 0,8 g, kalsium 10 mg, fosfor 95 mg, besi 1,5 g, dan tiamin, 0,1 g (Mahmud *et al.* 2005).

Roti manis dengan substitusi pati sagu 20% secara organoleptik masih diterima panelis. Formula tersebut memiliki kadar air 17,24%, protein 10,11%, karbohidrat 60,86%, serat kasar 4,04%, lemak 10,49%, abu 1,29%, indeks pengembangan 83,91%, dan total mikroba sampai penyimpanan 6 hari hanya  $2,02 \times 10^1$  (Rindengan 2013). Roti yang diperoleh dapat dikategorikan sebagai roti manis berserat tinggi.

#### **6.1.3. Pengolahan Sagu Instan**

Pangan instan adalah produk pangan yang dibuat untuk mengatasi masalah penggunaan produk pangan yang

sering dihadapi misalnya penyimpanan, transportasi, dan tempat (Hartomo dan Widiatmoko (1992). Sifat instan produk pangan yang baik ditentukan oleh beberapa kriteria, antara lain memiliki: sifat hidrofilik; kandungan lapisan gel dapat menghambat proses pembasahan; waktu pembasahan tepat, yaitu harus segera turun (tenggelam tanpa menggumpal), dan mudah terdispersi (tidak membentuk endapan).

### **A. Deskripsi pengolahan**

Pengolahan sagu instan telah dilakukan oleh Sanusi (2006), menggunakan bahan baku pati sagu, tepung kedelai, gula, minyak nabati (kelapa sawit), susu bubuk skim, dan air minum dalam kemasan. Alat yang digunakan yaitu timbangan kasar, baskom, tampah bambu, sendok pengaduk, sendok makan, kompor gas, panci ukuran besar, *drum dryer*, pengayak 100 dan 80 mesh, serta alat bantu lainnya.

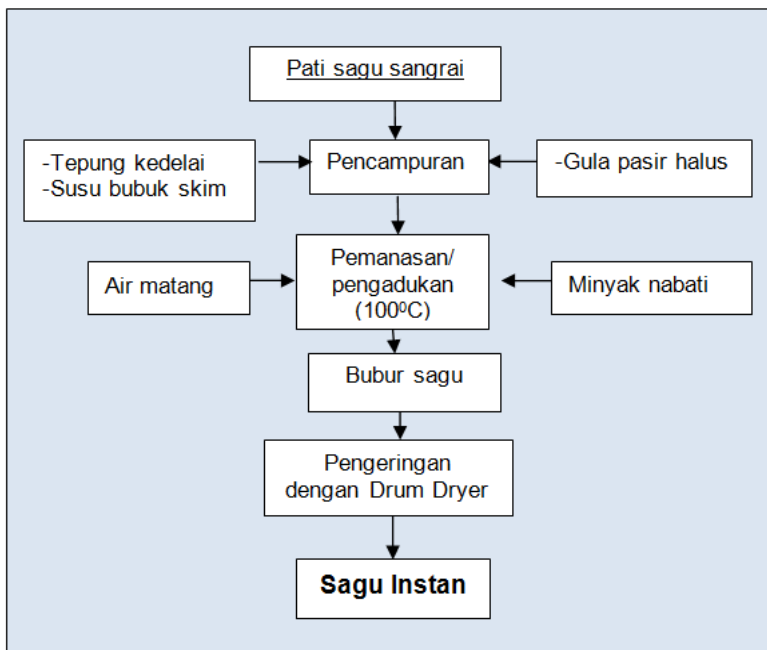
Prosedur pengolahan sagu instan sebagai berikut: pati dicuci, diaduk dan didiamkan selama 2 jam. Air rendaman dipisahkan sehingga diperoleh endapan pati (cara ini dilakukan tiga kali). Endapan pati dijemur dan diayak dengan ayakan 100 mesh, selanjutnya disangrai pada suhu 100-110°C selama 10 menit. Pembuatan tepung kedelai sebagai berikut: biji kedelai direndam dalam air (1:2) selama 6 jam, kemudian direbus selama 30 menit, ditiriskan, dikupas, dan dijemur hingga kadar air mencapai 10-11%, lalu digiling dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

Selanjutnya, dibuat beberapa formulasi produk dengan melakukan perhitungan perbandingan antara pati sagu, tepung kedelai, susu bubuk skim, gula dan minyak nabati. Campuran bahan-bahan tersebut ditambah air (1:7) dan diaduk sampai homogen, dipanaskan pada suhu 90°C selama 20 menit, kemudian dikeringkan dengan *drum dryer*.

Lembaran produk yang dihasilkan ditepungkan dengan *hammer mill* yang dilengkapi dengan saringan 32 mesh, kemudian dicetak dalam bentuk tablet. Sistematisa pengolahan sagu instan dapat dilihat pada Gambar 10 dan penampilan sagu instan pada Gambar 11.

### ***B. Nilai gizi sagu instan***

Hasil uji organoleptik terhadap warna, aroma, tekstur, rasa, dan kerenyahan menunjukkan formula sagu instan dengan komposisi pati sagu 45%, tepung kedelai 10%, susu bubuk skim 25%, gula 15%, dan minyak nabati 5% merupakan formula terbaik dengan kadar air 3,36%, abu 3,06%, protein 9,86%, lemak 7,09%, karbohidrat 80,00%, serat pangan 6,95%, dan nilai kalori 395 kal (Sanusi 2006).



Gambar 10. Diagram alir pengolahan sago instan (Sanusi 2006)



Gambar 11. Sagu instan bentuk tablet (Sanusi 2006)

#### **6.1.4. Pengolahan Kue Kering “Bagea” Amurang**

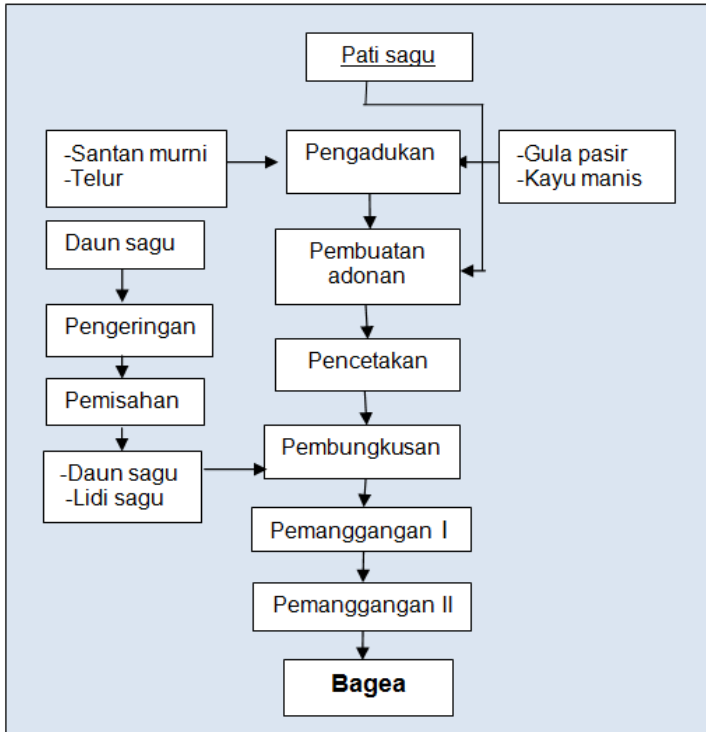
Kue kering yang disebut Bagea merupakan hasil usaha turun-temurun yang sudah berlangsung lebih dari 30 tahun di Amurang, Kabupaten Minahasa. Proses pengolahan Bagea masih secara tradisional, tetapi produknya telah dipasarkan di beberapa pasar swalayan dan toko souvenir di kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara.

##### ***A. Deskripsi pengolahan Bagea-Amurang***

Bahan yang digunakan terdiri atas pati sagu, santan, gula pasir, telur, kenari, kayu manis, dan daun sagu (untuk kemasan). Pati sagu berasal dari Buroko, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. Alat yang digunakan yaitu parutan kelapa, pengepres santan, tungku, dan alat bantu lainnya. Untuk satu kali proses dibutuhkan 100 kg pati sagu.

Proses pengolahannya adalah sebagai berikut: daging buah kelapa diparut lalu dibungkus kain saring dan diperas menggunakan alat pengepres, sehingga diperoleh santan. Telur ayam diaduk sehingga membentuk adonan yang homogen. Selanjutnya, santan dan gula pasir dimasukkan secara perlahan. Pengadukan dilakukan terus menerus sampai membentuk adonan yang kental. Secara manual, adonan dibuat dalam bentuk silinder berukuran seperti jari telunjuk dengan panjang kurang lebih 5 cm, kemudian dibungkus daun sagu yang sudah dikeringkan dan dijepit dengan lidi daun sagu.

Adonan yang sudah dibungkus diletakkan pada baki aluminium dengan kapasitas sekitar 90 bungkus, kemudian dipanggang dalam tungku (kapasitas 12 baki), menggunakan kayu bakar atau kulit kayu kelapa. Proses pemanggangan pertama dilakukan sampai tercium aroma yang harum. Selanjutnya, didinginkan lalu dilanjutkan pemanggangan kedua pada alat pemanggang lain menggunakan bahan bakar tempurung. Pemanggangan dilakukan agar tekstur produk lebih keras/padat dan warna lebih kuning keemasan. Selanjutnya dikemas dengan menggunakan plastik yang sudah diberi logo, berisi 30 bungkus. Sistematika pengolahan bagea dapat dilihat pada Gambar 12 serta proses pemanggangan dan produk yang sudah dikemas disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 12. Diagram alir pengolahan Bagea-Amurang



Gambar 13. Proses pemanggangan dan produk bagea yang dikemas

### **B. Nilai gizi kue kering Bagea Amurang**

Pada kemasan kue Bagea produksi Amurang belum dicantumkan nilai gizinya. Informasi gizi berikut diperoleh dari daftar komposisi bahan makanan yang dikeluarkan Persatuan Ahli Gizi Indonesia (PERSAGI), yaitu 100 g bahan (kue Bagea) mengandung energi 416 Kkal, air 7,2g, protein 6,5 g, karbohidrat 76,3 g, lemak 9,4 g, serat 0,4 g, abu 0,6 g, kalsium 49 mg, fosfor 77 mg, dan zat besi 4,9 mg. Selain itu, bagea mengandung karoten total 312 kg, niasin 2,6 mg, dan vitamin B1 0,08 mg (Mahmud *et al.* 2005).

#### **6.1.5. Pengolahan Mi Sagu**

Menurut bangsa Cina, mi adalah simbol kehidupan yang panjang karena bentuknya yang panjang dan tidak mudah putus. Oleh karena itu, mi sering dijadikan sajian wajib pada acara ulang tahun atau tahun baru, dan pengganti kue ulang tahun, sebagai lambang umur panjang (Anonim 2014a). Selanjutnya, dikemukakan bahwa mi dibagi ke dalam tiga jenis berdasarkan tingkat kematangannya, yaitu mi kering, mi basah, dan mi instan. Mi basah adalah mi yang belum dimasak, memiliki kadar air tinggi yaitu sekitar 52%, cepat

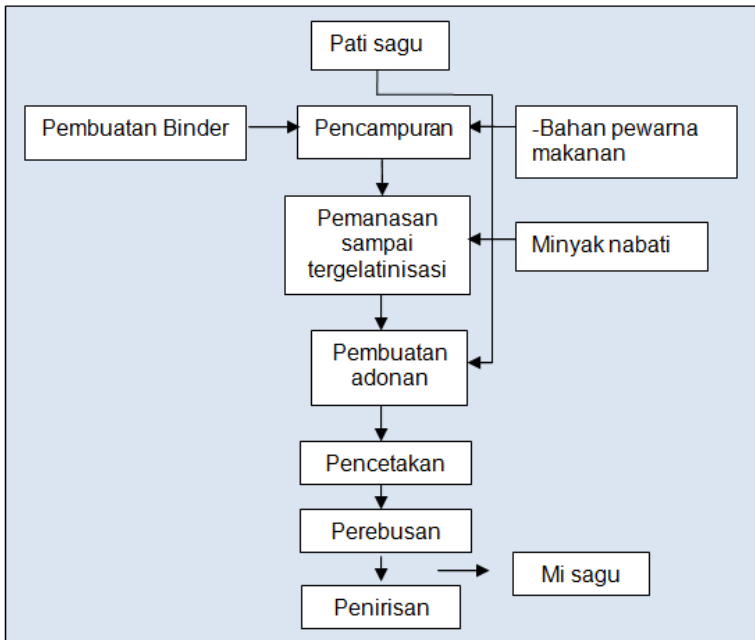
basi, dan hanya dapat bertahan satu hari. Mi kering memiliki kandungan air rendah yaitu sekitar 13%, sedangkan mi instan hanya memiliki kadar air sekitar 5-8% sehingga lebih awet lama dibanding jenis mi lainnya. Mi instan sebenarnya adalah mi yang sudah matang karena dikemas setelah proses pengeringan dengan digoreng atau dipanaskan.

Bahan utama pembuatan mi adalah tepung terigu. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan baku tepung terigu dapat disubstitusi dengan jenis tepung lainnya. Hasil penelitian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian menunjukkan bahwa dengan menggunakan 100% pati sagu dapat diperoleh mi yang disukai konsumen.

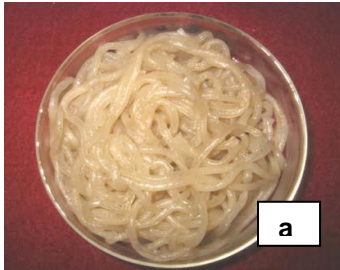
#### **A. Deskripsi pengolahan mi sagu**

Bahan yang digunakan untuk pengolahan mi adalah pati sagu, alum potas (tawas) sebagai bahan pengeras, dan bahan pewarna makanan. Pengolahannya terdiri atas beberapa tahap, yaitu pembuatan biang, pembentukan adonan, pencetakan, pemasakan, perendaman, dan penirisan. Proses pengolahan diawali dengan pembuatan "biang" (suspensi pati di dalam air 1:7) ditambah pewarna dan bahan pengeras kemudian dimasak sampai tergelatinisasi sempurna, disebut *binder*. *Binder* dapat dianalogkan dengan gluten pada mie terigu (Anonim 2003). *Binder* dicampur pati sagu yang masih tersisa hingga mencapai kadar air 45-50% (sampai adonan licin). Adonan dicetak dengan cetakan mi kemudian dimasak dalam air mendidih hingga terapung, diangkat dan direndam dalam air mengalir selama beberapa jam. Mi diangkat, ditiriskan dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 50<sup>0</sup>C (Widaningrum *et al.* 2005). Menurut Haryanto *et al.*(1992), mi kering dapat dihasilkan dari mi mentah yang telah didiamkan selama ± 30

menit, dikukus lalu dikeringkan pada suhu  $>40^{\circ}\text{C}$ . Untuk mi instan, setelah proses pengukusan (*steam*) dilanjutkan dengan proses penggorengan (*fried*). Gambar 14 menunjukkan sistematika pengolahan mi sagu, sedangkan mi sagu basah dan mi sagu yang sudah diproses menjadi mi goreng disajikan dalam Gambar 15.



Gambar 14. Diagram alir pengolahan mi sagu (Sanusi 2006)



**a**



**b**

Gambar 15. Mi sagu basah (a) (Azriani 2006) dan Sagu yang sudah diproses menjadi mi goreng (b) (Maryati 2014)

### B. Nilai gizi mi sagu

Tabel 7 menyajikan nilai gizi mi sagu basah dan kering dibandingkan dengan mi instan dari tepung terigu. Mi sagu bermanfaat untuk kesehatan karena memberi efek mengenyangkan, mencegah sembelit, mencegah kanker usus, dan tidak cepat meningkatkan kadar glukosa darah (mi sagu termasuk dalam kelompok pangan berindeks glikemik rendah) sehingga cocok bagi penderita diabetes melitus (Anonim, 2010c).

Tabel 7. Nilai gizi mi sagu dan mi instan terigu

Uraian	Mi sagu basah <sup>1)</sup>	Mi sagu kering <sup>2)</sup>	Mi sagu komersial <sup>3)</sup>	Mi instan (terigu) <sup>4)</sup>
Kadar air (%)	69,08	9,98	79,00	3,50
Kadar abu (%)	0,18	0,46	0,51	2,13
Kadar lemak (%)	5,64	0,52	5,18	21,43
Kadar protein (%)	0,97	0,37	0,74	10,00
Kadar karbohidrat (%)	25,86	88,67	-	61,43
Kadar <i>resistant starch</i> (mg/g)	-	45,26	32,04 <sup>2)</sup>	9,29 <sup>2)</sup>

Sumber: Azriani (2006); Anonim (2014b); Purwani *et al.* (2004); Widaningrum (2005).

### 6.1.6. Sagu Mutiara

Sagu mutiara merupakan hasil olahan pati sagu yang berbentuk butiran (bulat kecil). Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan sagu mutiara adalah pati sagu basah atau pati kering.

Pembuatan sagu mutiara terdiri atas beberapa tahap seperti yang diuraikan di bawah ini:

- a. Pati sagu kering dicampur air dengan rasio 2:1. Pencampuran dapat dilakukan secara langsung dalam granulator (alat pembutiran) dengan cara penyemprotan air pada pati, atau menggunakan alat pencampur (*mixer*) yang selanjutnya dilakukan penghabluran. Penghabluran adalah proses perubahan ukuran dan bentuk adonan pati sagu. Proses ini bertujuan untuk menghancurkan adonan pati sagu yang menggumpal akibat pencampuran dengan air. Penghabluran dapat dilakukan dengan cara meremas-remas tepung pati sagu yang telah dicampur air pada ayakan yang berukuran lubang 1-2 mm atau dengan menggunakan mesin penghablur seperti *mixer* dan *extruder* dingin dan selanjutnya dilakukan pembutiran.
- b. Proses pembutiran dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara yang paling sederhana adalah memasukkan sagu hasil penghabluran ke dalam wadah yang bundar. Wadah tersebut diputar secara horizontal sehingga sagu saling bertumbukan, menggelinding pada permukaan, dan membentuk bulatan. Cara yang lebih mudah adalah menggunakan mesin pembutir berbentuk silinder yang dapat berputar pada porosnya. Mesin pembutir ini dapat dibuat dari *stainless steel* atau aluminium. Hasil pembutiran kemudian diayak menggunakan ayakan 8-10 mesh. Tujuan sortasi adalah untuk menyeragamkan

ukuran butiran sagu mutiara yang dihasilkan. Keseragaman ukuran butiran sagu diperlukan untuk kematangan pada penyangraian seragam, kadar air produk yang seragam, penampilan lebih baik. Proses selanjutnya yaitu penyangraian agar permukaan sagu mutiara menjadi bening dan kokoh sehingga tidak mudah pecah.

- c. Proses penyangraian lebih baik menggunakan penyangrai yang berputar sehingga tidak merusak butiran sagu mutiara. Penyangrai yang berputar atau rotary roaster adalah penyangrai berbentuk silinder yang berputar dengan pemanas api atau dilengkapi mantel uap/air panas. Proses penyangraian biasanya dilakukan pada suhu 135-140°C selama 5-7 menit. Sagu yang telah disangrai kemudian dikeringanginkan pada suhu ruang lalu diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Produk akhir dikemas untuk melindungi dari kerusakan fisik dan kontaminasi (Anonim 2014c).

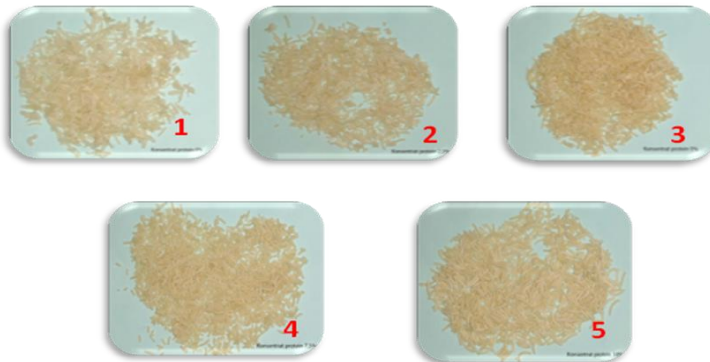
### **6.1.7. Kerupuk Sagu**

Kerupuk merupakan makanan ringan yang mengalami pengembangan volume dan membentuk produk yang berongga dengan densitas rendah. Tahapan proses pembuatan kerupuk sagu, yaitu pencampuran bahan baku, pendinginan, pengirisan dan pengeringan. Kerupuk berbahan sagu mengandung pati 78,28, amilosa 24,34, amilopektin 43,03 dan pati resisten 10,13 masing-masing dalam g/100 g. Pati resisten yang terdapat pada kerupuk sagu memiliki efek kesehatan yang sangat baik untuk kesehatan usus besar. Pemberian diet kerupuk sagu pada tikus percobaan dapat

meningkatkan berat dan volume digesta serta menurunkan pH digesta tikus (Rosida 2009).

### 6.1.8. Beras Analog Sagu

Beras analog adalah produk yang memiliki bentuk dan karakteristik mirip dengan beras, tetapi dibuat dari bahan non beras. Pembuatan beras sagu diawali dengan pembuatan *binder*. *Binder* dibuat dengan melakukan gelatinisasi pati dengan rasio pati sagu:air 1:3. Gel yang dihasilkan ditambah pati kering sebanyak 300 g dan difortifikasi dengan protein. Adonan dicampur sampai homogen kemudian dicetak menggunakan ekstruder. Hasil cetakan dikukus selama 2 menit kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 4-5 jam (Rindengan *et al.* 2012). Produk beras analog dari sagu dan hasil analisisnya disajikan pada Gambar 16 dan Tabel 8.



Gambar 16. Beras analog dari sagu yang diperkaya protein (1=0%, 2= 2.5%, 3= 5%, 4= 7.5% dan 5=10%) (Rindengan *et al.* 2012)

Tabel 8. Hasil analisa sifat fisikokimia beras analog dari sagu

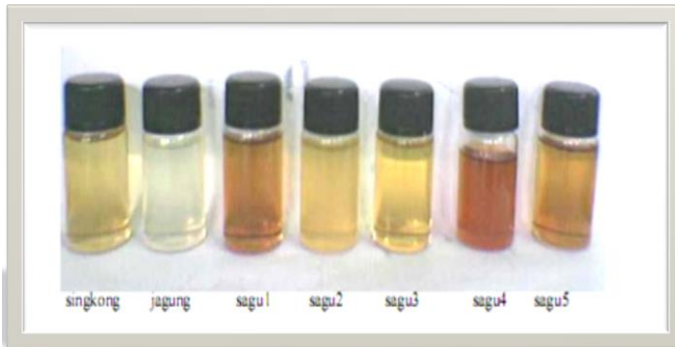
Perlakuan (Penambahan protein)	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Karbohidrat (%)	Kekerasan (newton)	Warna
0.0%	10.35	0.40	0.49	1.29	87.55	9.24	50.57
2.5%	8.97	0.43	0.56	1.66	88.62	4.22	58.24
5.0%	9.51	0.47	0.58	2.01	87.43	3.03	55.15
7.5%	9.80	0.48	0.61	2.22	86.87	2.18	58.10
10.0%	8.62	0.54	0.56	2.57	87.57	1.00	56.62
Beras C4						4.21	61.25
Delangu*							
Pati sagu							92.70

Keterangan : \*) Dari Pasar Sentul Jogja

Sumber: Rindengan *et al.* (2012)

### 6.1.9. Sirup Glukosa dari Sagu

Pati sagu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pengolahan sirup glukosa (Singhal *et al.* 2008). Pengolahan sirup glukosa dari pati sagu dilakukan secara enzimatik. Enzim yang digunakan yaitu  $\alpha$ -amilase dan glucoamilase. Enzim  $\alpha$ -amilase berperan sebagai katalis pada proses likuifikasi, sedangkan glucoamilase sebagai katalis pada proses sakarifikasi (Nugroho *et al.* 2000). Pada proses likuifikasi diperlukan 2,0 gram  $\alpha$ -amilase per kg pati sagu dan proses sakarifikasi membutuhkan 2,2 ml glucoamilase/kg pati sagu dengan rendemen hasil sirup glukosa sekitar 73,7% (Subarna 1984 dalam Nugroho *et al.* 2000). Sirup glukosa dari sagu, singkong dan jagung disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Sirup glukosa dari pati sagu, singkong dan jagung

#### 6.1.10. Pati Resisten

Pati resisten adalah pati atau produk degradasi pati yang tidak dapat dicerna oleh usus halus dan difermentasi dalam usus besar (Englyst *et al.*, 1992). Pati resisten dihasilkan melalui proses hidrolisis dengan menggunakan enzim pullulanase. Pati sagu apabila dipanaskan akan membentuk gel. Enzim pullulanase akan menghidrolisis amilopektin pada pati sagu menjadi amilosa, selanjutnya pada proses pendinginan akan terjadi retrogradasi, yaitu terbentuknya kristal baru tidak larut yang disebut pati resisten (Shi dan Gao 2011). Pati resisten dapat digunakan sebagai pengisi produk *cream soup*, *breakfast cereal*, bubur instan, coklat bar (Syakir 2014).

Pati resisten mempunyai manfaat yang mirip serat pangan dan berfungsi sebagai prebiotik di dalam usus besar. Apabila dikonsumsi, pati resisten memberikan efek yang sangat baik untuk kesehatan, yaitu: a) meningkatkan bioavailabilitas dari beberapa mineral, yaitu kalsium, magnesium dan besi, b) meningkatkan aktivitas mikroflora, yaitu mikroflora yang berefek positif dalam usus, (c) menghambat tumbuh dan

berkembangnya bakteri berbahaya yang ada di dalam usus, d) mencegah infeksi usus dan mencegah terjadinya kanker (Huebner *et al.* 2007).

### **6.1.11. Popeda**

Di berbagai wilayah pesisir dan dataran rendah di Papua, sagu merupakan bahan dasar dalam berbagai makanan. Sagu bakar, sagu lempeng, dan sagu bola, menjadi sajian yang paling banyak dikenal di berbagai pelosok Papua, khususnya dalam tradisi kuliner masyarakat adat di Kabupaten Mappi, Asmat, dan Mimika. Papeda merupakan salah satu sajian khas sagu yang jarang ditemukan. Antropolog sekaligus Ketua Lembaga Riset Papua, Johszua Robert Mansoben, menyatakan bahwa papeda dikenal lebih luas dalam tradisi masyarakat adat Sentani dan Abrab di Danau Sentani dan Arso, serta Manokwari (Wisanggeni 2013). Selain di Papua, popeda juga menjadi makanan khas di Maluku.

Untuk masyarakat Ternate, popeda merupakan makanan pokok seperti nasi ataupun jagung. Popeda ialah makanan yang dihidangkan hanya saat panas saja karena ketika dingin makanan ini melengket di piring. Selain itu, popeda dingin dianggap telah basi dan tidak layak dimakan, sehingga fungsinya terkadang dialihkan sebagai alat perekat kertas. Papeda dimakan bersama kuah kuning yang terbuat dari kunyit dan dicampur dengan ikan tongkol serta disajikan bersama dengan jeruk nipis, dan beberapa potongan daging kelapa.

#### **A. Deskripsi pengolahan**

Bahan yang digunakan terdiri atas tepung sagu 100 g, air 1000 ml dan sedikit garam dan gula. Tepung sagu dicairkan

dalam 300 ml air kemudian tambahkan garam, gula dan diaduk sampai tercampur merata. Air yang sisa dididihkan dan tuangkan secara perlahan ke dalam larutan tepung sagu. Pengadukan dilakukan perlahan sampai tepung sagu matang merata yang ditandai dengan warna berubah bening. Pada Gambar 18 dapat dilihat produk popeda.



Sumber: <http://resepmasakanindonesiaku.blogspot.com>

Gambar 18. Produk popeda a) dan b) popeda siap dimakan dengan kuah kuning

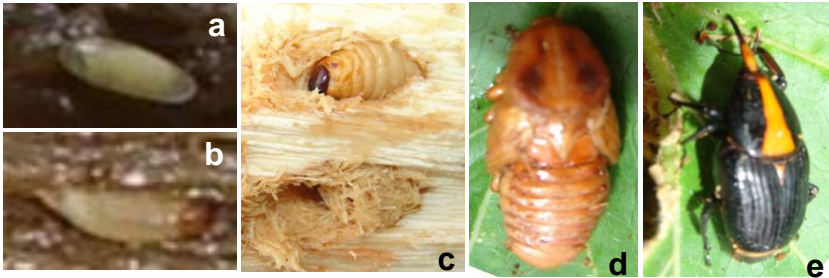
### **B. Nilai gizi popeda**

Bentuk popeda menyerupai bubur, sehingga dalam daftar komposisi bahan makanan dinamakan bubur sagu. Komposisi nilai gizi per 100 g bahan adalah: air 62,5 g, protein 0,2 g, lemak 4 g, karbohidrat 33 g, abu 0,3 g, kalsium 3 mg, fosfor 3 mg, besi 0,1 mg, natrium 7 mg, cuprum 0,1 mg, seng 0,1 mg dan niasin, 0,1 mg (Mahmud *et al.*, 2005).

### 6.1.12. Ulat Sagu *Rhynchophorus* sebagai Sumber Pangan

Di Indonesia, Kumbang sagu *Rhynchophorus* sp. (Gambar 19) lebih dikenal sebagai salah satu hama yang berbahaya pada tanaman kelapa (Kalshoven 1980). Larva atau ulat berkembang dalam batang dan pucuk tanaman palma yang sudah dibudidayakan, palma hias dan tanaman palma liar. Ulatnya hidup dalam batang palma sehingga sulit dikendalikan. Ulat sagu biasanya makan jaringan tanaman dengan membuat liang-liang gerakan dalam batang. Jika telah menyerang titik tumbuh maka tanaman kelapa yang terserang akan mati. Walaupun serangga ini merupakan hama tetapi serangga ini dapat juga dimakan atau dikonsumsi oleh manusia sehingga secara langsung dapat mengurangi populasinya di alam. Dengan demikian anjuran memakan ulat sagu dapat menunjang kegiatan pengendalian hama tersebut, sehingga perlu digalakkan karena lebih murah dan mudah dilaksanakan, sekaligus dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan.

Di Papua New Guinea (PNG), ulat sagu *Rhynchophorus ferrugineus papuanus* dikenal sebagai salah satu serangga yang dapat dimakan. Mercer (1993) menyatakan bahwa mengkonsumsi ulat sagu *Rhynchophorus ferrugineus papuanus* sudah dikenal luas, dan hanya serangga ini yang dijual secara reguler di pasar makanan lokal karena rasanya lezat. Ulat sagu mengandung lemak, protein, dan zat besi yang berguna untuk tubuh manusia sehingga mempunyai prospek yang baik untuk dimanfaatkan sebagai salah satu sumber pangan dan sumber pendapatan penduduk di pedesaan. Ramandey dan Mastrikt (2010) menyatakan bahwa di Provinsi Papua, *Rhynchophorus bilineatus* merupakan salah satu jenis serangga yang paling banyak dikonsumsi.



Gambar 19. Tahap perkembangan *Rhynchophorus ferrugineus* asal Minahasa Utara, Sulawesi Utara. (a) telur, (b) larva muda, (c) larva dewasa pada liang gerakan, (d) pupa dan (e) Imago.

### **A. Pemanfaatan ulat sagu sebagai sumber pangan**

Ulat sagu ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan substitusi kebutuhan lemak dan protein. Di PNG, ulat sagu digunakan sebagai makanan dalam suatu pesta. Kebutuhan ulat sagu dalam suatu pesta, dapat disiapkan dengan cara menebang tanaman sagu, satu atau dua bulan sebelum pelaksanaan pesta. Batang sagu yang ditebang dibuat takikan sehingga kumbang siap untuk meletakkan telurnya. Setelah satu bulan periksa batang tersebut dan ulat sagu siap dipanen.

Ulat sagu dapat juga dikumpulkan dari bagian ujung batang sagu yang ditebang dan dipanen patinya. Bagian ujung batang sagu, kandungan patinya rendah sehingga dibiarkan menjadi tempat berkembangbiak ulat sagu. Untuk memproduksi ulat sagu dalam jumlah yang besar, penduduk setempat di PNG menebang sagu *yapay* yang produksi patinya rendah sehingga dijadikan tempat pembiakan ulat sagu.

Di PNG, serangga ini merupakan sumber protein dan diduga ulat sagu dapat memenuhi 30% protein untuk orang

orang Sepik. Ulat sagu yang sudah dimasak dan siap dikonsumsi, dijual dipasar provinsi dengan harga sekitar US 22 sen untuk enam ulat. Tubuh ulat sagu bertekstur lunak tetapi rasanya sangat lezat. Ulat sagu dapat dikonsumsi secara reguler sekitar seminggu sekali, tetapi ulat ini tidak tersedia di pasar secara reguler sehingga perlu dibudidayakan.

Di Indonesia, ulat sagu belum populer sebagai bahan makanan. Namun karena lahan sagu yang luas dan beragamnya tanaman sagu, seperti di provinsi Papua dan Maluku maka Indonesia memiliki potensi yang baik untuk mengembangkan ulat sagu sebagai salah satu makanan bergizi tinggi.

Hasil identifikasi tanaman sagu oleh Balai Penelitian Tanaman Palma (Balit Palma) menyatakan bahwa terdapat 20 jenis tanaman sagu dengan potensi pati yang sangat beragam yaitu antara 29,5 kg (Hili) sampai 207,5 kg (Osoghulu). Tanaman sagu dengan produksi pati rendah dapat digunakan untuk memproduksi ulat sagu, sedangkan tanaman sagu dengan produksi pati yang tinggi diprioritaskan untuk memproduksi pati serta sisa batang pada bagian pangkal dan ujung dimanfaatkan untuk produksi ulat sagu.

Produksi ulat sagu ini harus dilakukan dengan sebaik-baiknya karena ulat sagu juga dapat menjadi hama yang sangat berbahaya pada tanaman kelapa. Untuk memproduksi ulat sagu perlu diperhatikan daur hidupnya supaya panen ulat sagu dapat dilakukan sebelum ulat tersebut menjadi kumbang. Panen ulat sagu dapat dilakukan secara reguler pada batang sagu yang digunakan sebagai tempat berkembangbiak supaya seluruh ulat sagu yang berkembang dapat dipanen pada stadium larva (Hosang 2010).

Di Provinsi Papua, sekitar 60-100 spesies serangga dari sepuluh ordo yang dikonsumsi oleh masyarakat setempat.

Serangga yang di konsumsi terutama serangga-serangga yang berukuran besar dan tidak membutuhkan peralatan khusus untuk menangkapnya serta dapat dimakan mentah atau setelah dipanggang. Preferensi pada serangga lebih besar, kemungkinan didasarkan pada rasa, kelimpahannya dan kebiasaan masyarakat setempat. Penduduk yang ada di dataran rendah lebih sering mengkonsumsi *Rhynchophorus bilineatus*. Larvanya digunakan sebagai makanan subsisten dan dapat dijual di pasar lokal. Di daerah pegunungan lebih luas keragaman serangga yang dikonsumsi, tetapi koleksi serangga tersebut hanya bersifat insidental dan untuk tujuan subsisten (Ramandey dan Mastrigt, 2010).

### **B. Teknik perbanyak ulat sagu**

Perbanyak ulat sagu dapat dilakukan di alam karena lebih sederhana dan banyak tersedia sumber makanannya, yaitu pohon sagu. Di Sepik, PNG, batang *Metroxylum sagu* ditebang dan diambil batang yang banyak mengandung pati sedangkan bagian pangkal dan ujung dibiarkan sebagai tempat berkembangbiak ulat sagu. Ulat sagu yang berkembang dalam batang tersebut dapat dipanen setelah dua bulan pohon sagu ditebang.

Tanaman sagu yang batangnya berduci *Metroxylum rumphii*, produksi pati lebih rendah dari *M. sagu*. Tanaman sagu ini dapat digunakan untuk memproduksi ulat sagu. Tanaman sagu *M. rumphii* umur 12-15 tahun ditebang, pada saat tanaman belum berbuah dan kandungan pati tertinggi.

Proses perbanyak ulat sagu dapat dilakukan sebagai berikut: tanaman sagu ditebang dengan kapak pada ketinggian sekitar 1 m dan batangnya dibiarkan di atas permukaan tanah. Batang setinggi 1 m disiapkan sebagai tempat berkembangbiak ulat sagu. sedangkan seluruh batang yang

berada di permukaan tanah, pada setiap 1 m dibuat lubang segi empat pada bagian atas dengan cara mengeluarkan bagian kulit batang yang keras sehingga kelihatan bagian dalam batang sagu yang lebih lunak. Bagian ini menjadi tempat peletakkan telur dari kumbang sagu. Bagian pucuk juga dipotong sehingga lebih menarik bagi kumbang betina untuk meletakkan telur. Batang yang digunakan panjangnya antara 8 – 10 m.

Tanaman sagu yang ditebang dan batangnya dibiarkan di permukaan tanah, menarik kumbang sagu sebagai tempat meletakkan telurnya. Dalam waktu satu bulan atau lebih pada bagian batang sagu terdapat liang-liang gerakan yang dibuat oleh larva. Larva-larva tersebut dapat dipanen/diambil dengan cara membongkar batang tersebut.

Kumbang betina tertarik dengan bau yang keluar dari bagian batang yang dirusak. Pada umumnya kumbang akan mengunjungi batang tersebut pada malam hari. Berdasarkan hasil pengamatan ternyata sekitar 100 kumbang terdapat pada batang yang baru ditebang. Kumbang betina biasanya mengunjungi batang tersebut sampai beberapa minggu setelah ditebang. Setiap betina dapat meletakkan 200-500 butir telur dan telur menetas setelah 3 hari. Larva dewasa dapat mencapai panjang 6 cm dan dapat membuat liang gerakan sepanjang 1 m.

Serangga betina terus mengunjungi pohon yang sudah ditebang dan sudah dipersiapkan sebagai tempat berkembangbiak selama beberapa minggu. Ulat sagu akan berkembang dengan cepat pada batang tersebut karena persediaan makanan yang cukup banyak. Semua instar larva akan ditemukan pada batang sagu tersebut sebagai tempat berkembangbiak. Panen ulat sagu pada batang tersebut dapat dilakukan dengan cara mengunjungi lokasi tersebut sebanyak

10 kali dimulai satu bulan setelah pohon sagu ditebang. Setiap kunjungan dapat dikoleksi sekitar 50-60 ulat sagu sehingga dalam satu pohon dapat dikoleksi 500-600 ulat sagu. Jika ditemukan pupa dan imago/kumbang muda, dikoleksi dan biasanya dimakan langsung atau dimasak, tetapi pupa dan kumbang muda biasanya tidak dijual di pasar (Mercer 1994).

### ***C. Kandungan nutrisi ulat sagu***

Berdasarkan hasil analisis kandungan nutrisi, ternyata ulat sagu mengandung kalori 760.2 kilojoules/100 g, protein 6.1%, lemak 13.1%, karbohidrat 9%, besi 4.3 mg/100 g, tiamin 0.08 mg/100 g, riboflavin 0.43 mg/100 g, niacin 2.4 mg/100 g, dan kalsium 461 mg/100 g. Kandungan kalsium empat kali lebih tinggi disbanding dengan daging lain yang diuji. Defisiensi protein dapat dicegah dengan mengkonsumsi ulat sagu (Mercer 1994).

Hasil analisis kimia dan proksimat pada larva *Rhynchophorus phoenicis* (F) menunjukkan bahwa kandungan lemaknya tinggi ( $25.30 \pm 0.20$  % berat basah), kaya asam lemak esensial, sedangkan asam amino esensial yang terdeteksi bervariasi jumlahnya dalam komponen protein. Unsur makro seperti natrium ( $773.49 \pm 1.02$  mg/100 g), kalsium ( $60.81 \pm 0.32$  mg/100 g) dan kalium ( $26.65 \pm 0.24$  mg/100 g) maupun unsur mikro seperti tembaga ( $1.26 \pm 0.04$  mg/100 g), cadmium ( $0.039 \pm 0.022$  mg/100 g) dan zinc ( $10.57 \pm 0.89$  mg/100 g), jumlahnya signifikan pada larva serangga tersebut (Ekpo dan Onigbinde, 2005).

## 6.2. Produk Energi Terbarukan

### 6.2.1. Etanol

Etanol atau etil alkohol adalah zat kimia organik tidak berwarna (jernih), berbau khas alkohol, mudah terbakar dan dapat dibuat dari biomassa maupun fraksi minyak bumi. Etanol yang dibuat dari bahan nabati dikenal dengan sebutan bioetanol. Pada pengolahan pati sagu menjadi etanol, terlebih dahulu pati diubah menjadi gula sebelum difermentasi menghasilkan etanol. Perubahan pati menjadi gula pada umumnya dilakukan menggunakan kombinasi pemanasan dan enzim. Enzim alpha-amilase dari *Bacillus stearothermophilus* dan glukoamilase dari kapang adalah enzim yang banyak digunakan dalam proses pembuatan etanol dari pati.

Etanol yang digunakan dalam industri farmasi memiliki *grade* 70 – 96 %, sedangkan etanol untuk bahan bakar kendaraan memiliki *grade* 99,5-99,9 % (Taherzadeh dan Karimi 2011). Permasalahan dalam memanfaatkan potensi pati sagu sebagai bahan bakar adalah teknologi proses pengolahan yang aplikatif pada tingkat kelompok tani.

#### **A. Teknologi produksi etanol**

Persiapan bahan olah dan unit proses sebagai berikut:

##### 1. Penetapan pohon dan pemisahan pati sagu

Penetapan bahan baku sagu, Pohon sagu yang digunakan adalah sagu tidak berduri dan sagu berduri yang diseleksi dari populasi tanaman sagu di Desa Durian, Kecamatan Sinonsayang, Kabupaten Minahasa Selatan.

Penghancuran empulur sagu, Empulur sagu dihancurkan menggunakan mesin penghancur empulur,

selanjutnya diekstrak dengan air dan disaring, sehingga terpisah pati dengan ampas (serat dan gabus empulur).

Pengukuran kadar pati, Kadar air pati sagu tidak berduri 40% dan sagu berduri 50%

## 2. Alat pengolahan pati menjadi etanol

Alat pengolahan pati menjadi dekstran dan etanol kadar rendah (4 - 5%). Destilator skala laboratorium, untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 32 – 53 %. Destilator-dehidrator sistem sinambung, untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 93 - 95%

### **B. Prosedur pengolahan etanol**

#### 1. Pemasakan pati :

Pemasakan pati sagu, Pati sagu dicampur air dengan perbandingan 1:5, dipanaskan pada suhu 60 – 80 °C hingga terjadi gelatinisasi. Selama pemasakan sebagian kecil pati akan dikonversi menjadi gula oleh enzim *endogenous amylase*.

#### 2. Likuifikasi :

Proses likuifikasi dilakukan dengan mencampur pati dengan air 1 : 4, pH diatur dengan penambahan 1 N HCl atau 1 N NaOH, sampai diperoleh pH 4,5. Ditambahkan enzim *alfa amylase* sebanyak 1 ml. Pemasakan dilakukan sampai suhu mencapai 95°C (waktu yang dibutuhkan sampai terjadi gelatinisasi berkisar 5-7 menit). Waktu likuifikasi yang dibutuhkan setelah proses gelatinisasi sampai pencairan yang terbaik adalah 45 menit, karena memiliki nilai Dextrose Equivalen (DE) 20,5. Dalam percobaan dengan waktu likuifikasi selama 30 menit nilai

DE 15,3% dan waktu likuifikasi selama 60 menit mempunyai nilai DE 23,39%.

### 3. Sakarifikasi:

Larutan dekstrin hasil proses likuifikasi sagu, didinginkan sampai suhu 600°C. Dalam larutan dekstrin ditambahkan 1 ml glukoamilase, proses sakarifikasi berlangsung selama satu hari.

### 4. Fermentasi:

Proses fermentasi dilanjutkan dengan penambahan ragi *Saccharomyces cereviceae* pada konsentrasi 1g/l larutan. Proses fermentasi menggunakan jerigen volume 25 l, dan larutan yang difermentasi sebanyak 20 l/jerigen, dan proses fermentasi secara aerob selama 3 - 4 hari.

### 5. Destilasi:

Destilasi dilakukan dalam dua tahap, yaitu: tahap pertama menggunakan destilasi sistem tunggal skala laboratorium, hasil destilasi seperti ditunjukkan pada Tabel 6.4.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kadar etanol sagu tidak berduri lebih tinggi dibanding dengan sagu berduri. Sagu berduri memiliki kadar gula lebih tinggi dibanding sagu tidak berduri, tetapi kadar etanol sebelum pengolahan pada sagu tidak berduri adalah 9,5-9,7 % dan sagu berduri tidak terdeteksi. Kemungkinan gula yang terdeteksi sebelum pengolahan adalah gula senyawa berantai panjang, yang tidak dapat dirombak oleh enzim alfa amilase, atau etanol yang terbentuk pada proses fermentasi masih terikat dengan gula sehingga kadar etanol tidak terdeteksi.

Hasil destilasi pada tahap pertama diperoleh etanol berkadar 35-53% (Tabel 9), etanol yang dihasilkan digabungkan. Untuk meningkatkan kadar etanol, dilanjutkan dengan destilasi ulang atau destilasi tahap kedua, yang diikuti dengan proses dehidrasi.

Tabel 9. Kadar gula dan kadar etanol pati sagu

Perlakuan	Ulangan	Kadar Gula (%)	Kadar Etanol (%)	Kadar Gula (%)	Kadar Etanol (%)
Sagu tidak berduri	1	4,0	9,5	15,0	51
	2	4,0	9,7	15,0	51
	3	5,0	9,5	15,0	53
Sagu berduri	1	12,0	Td	11,2	35
	2	15,0	Td	10,0	35
	3	11,0	Td	10,0	35

Sumber: Lay *et al* (2010)

Keterangan: Td = Tidak terdeteksi

## 6. Alat destilator-dehidrator sistem sinambung:

Proses destilasi dan dehidrasi berlangsung secara sinambung; dengan proses pengolahan sebagai berikut:

Etanol kasar hasil destilasi pertama dimasukkan ke dalam tangki dan ditutup dengan rapat. Pengaliran air proses yang berfungsi untuk mendinginkan uap etanol hasil pemanasan. Pemanasan etanol melalui tangki pemanasan menggunakan kompor pompa minyak tanah.

Pada suhu pemanasan yang ditunjukkan oleh thermokoppel pada tangki pemasakan mencapai 84°C, proses penguapan etanol dari etanol kasar mulai berlangsung. Uap etanol akan mencair setelah melewati pipa destilator dan terus mengalir ke pipa hidrator karena tekanan uap dalam pipa yang berasal dari pemanasan.

Etanol yang berbentuk uap dan cairan akan melewati dehidrator yang di dalamnya berisi zeolit alam yang berfungsi meningkatkan kadar etanol.

Sebelum melewati hidrator, etanol hasil pemanasan dari destilator 1 berkadar 83%, setelah melewati dehidrator dan didinginkan pada destilator II akan diperoleh etanol berkadar cukup tinggi (93-95% )

Hasil pengujian etanol dari pati sagu dengan kadar etanol masing-masing 35 dan 83%, tanpa menggunakan saringan molekuler dihasil etanol berkadar cukup tinggi, yakni 93 - 95 % (Tabel 10).

Tabel 10. Hasil pengolahan etanol sagu dengan destilator-dehidrator sistem sinambung.

Jenis sagu	Kadar Gula (%)	Kadar Etanol (%)	Kadar Gula (%)	Kadar Etanol (%)
Sagu tidak berduri	50	35	18,5	83
Sagu berduri	50	52	26,5	93-95

Sumber: Lay *et al.* (2010)

Fungsi dari masing masing komponen alat pengolahan etanol destilator-dehidrator sistem sinambung, sebagai berikut :

- a. Destilator yang dirakit berkapasitas 100 liter, yang terdiri dari 5 komponen utama, yakni tangki masak, destilator I, dehidrator, destilator II, dan rangka dudukan alat, yang dirancang secara kompak dengan sistem proses pemasakan bahan olah (etanol kasar), bahan pembuatan alat pengolahan etanol menggunakan *stainless steel*, agar tidak mudah berkarat, tahan terhadap asam dan daya awet lama.

- b. Tangki masak; terbuat dari plat *stainless steel* 1,5-2,0 mm dengan kapasitas 100 liter, dilengkapi dengan komponen pemasukan bahan olah, pengeluaran sisa hasil proses, thermokoppel dan pengukur tekanan.
- c. Destilator I; terbuat dari pipa *stainless steel* diameter 4 inci, panjang 140 cm, menggunakan sistem cangkang dan buluh, berfungsi untuk kondensasi etanol.
- d. Pada destilator I dipasang *plans* untuk menghubungkan tangki masak dengan pipa alir destilator II yang dilengkapi dengan thermokoppel, pipa pengeluaran alkohol hasil destilasi dan pemasukan/pengeluaran air pendingin.
- e. Destilator II terbuat dari pipa *stainless steel* diameter 4 inci, panjang 110 cm, desain sama dengan destilator I, fungsinya sebagai pendingin etanol dari destilator I.
- f. Dehidrator terbuat dari pipa *stainless steel* diameter 4 inci, panjang 100 cm, berfungsi menurunkan kadar alkohol hasil destilasi, sebagai akibat penyerapan air oleh hidrat di dalam dehidrator, dilengkapi *plans* untuk menghubungkan dengan unit operasi lain.
- g. Rangka dudukan; terbuat dari besi siku 4 x 4 cm, berfungsi sebagai penahan dan kestabilan posisi alat, terutama pada kondisi operasional (Lay 2009). Desain alat tertera pada Gambar 20.



Gambar 20. Unit Destilator-dehidrator Sistem Sinambung

Prosedur penggunaan destilator-dehidrator sistem sinambung

- a. Persiapan: pengecekan kondisi alat proses, kompor/bahan bakar, tempat penampung hasil olah, pengukuran karakteristik bahan olah; yakni etanol kasar yang umumnya berkadar 25 - 35%, alat pengukur kadar etanol menggunakan alkohol tester, kadar gula dengan *hand refractometer*, pH dengan pH meter digital, dan debit air destilasi diukur secara manual dengan cara menampung air destilasi untuk volume tertentu selama waktu tertentu.
- b. Pengaliran air destilasi pada tahap awal dengan debit air cukup tinggi sampai alat destilasi penuh terisi air. Selanjutnya debit air diturunkan menjadi 15 - 25 l/jam, tergantung kadar etanol bahan olah. Penurunan debit air destilasi dimaksudkan untuk mengurangi penyerapan panas pada proses pendinginan atau perubahan fasa

etanol dari bentuk uap menjadi cair, dan menghemat penggunaan air proses.

- c. Dalam proses pengolahan, debit air harus dikontrol untuk menyesuaikan suhu tangki pemasakan dan produk yang akan dihasilkan. Pedoman kontrol adalah suhu pada thermo-koppel unit destilator I, suhu optimal berkisar 70 - 80 °C.
- d. Sebelum bahan olah dimasukkan ke dalam tangki masak, dilakukan pengukuran kondisi bahan olah, yang terdiri atas : volume, kadar etanol, dan kadar gula. Pengukuran yang sama juga dilakukan terhadap hasil destilasi atau destilat yang keluar pada corong pengeluaran destilator I dan hasil olah yang keluar pada dehidrator-destilator II.
- e. Etanol dimasukkan ke dalam tangki masak melalui corong pemasukkan dan corong ditutup rapat agar tidak terjadi penguapan etanol ke luar sistem proses.
- f. Pemanasan tangki masak menggunakan kompor pompa/sumbu minyak tanah, dan diukur volumenya agar diketahui waktu proses sesuai bahan bakar yang tersedia. Pada penggunaan kompor pompa minyak tanah, tekanan yang diberikan pada tangki dengan pemompaan adalah setengah dari kapasitas maksimum terukur pada tangki pompa.
- g. Suhu pemanasan etanol beragam tergantung dari kadar etanol dari bahan yang dimasak atau dipanaskan. Etanol kasar (25 - 35%) dengan suhu penguapan 84 – 85°C; etanol 83 - 85% dengan suhu penguapan 80 - 82°C, dan etanol 90- 93% dengan suhu penguapan 78 - 80°C. Suhu pemanasan etanol dapat dilihat pada thermokoppel tangki masak dan destilator I.

- h. Suhu larutan etanol setelah destilasi ditunjukkan pada thermokoppel destilator I, pada penguapan etanol yang optimal suhu pemasakan sama dengan suhu destilator I.
- i. Suhu setelah dehidrator dan destilator II, ditunjukkan pada thermokoppel pengeluaran hasil olah pada destilator II. Suhu pengeluaran diupayakan maksimum sama dengan suhu udara luar, yaitu berkisar 27 - 33<sup>0</sup>C pada siang hari. Peningkatan suhu etanol saat melewati corong pengeluaran pada destilator II, akan menyebabkan penguapan etanol sebelum dimasukkan ke dalam botol penampungan.

Pengukuran karakteristik etanol setelah proses destilasi-dehidrasi yang meliputi kadar etanol, kadar gula dan pH, dilakukan pada suhu etanol sekitar 26 - 30<sup>0</sup>C.

#### 7. Alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda

Alat pengolahan etanol ini merupakan pengembangan alat destilator-dehidrator sistem sinambung, dengan menambah komponen evaporator dan destilator untuk efisiensi proses, terutama pemanfaatan panas buangan dan peningkatan kadar etanol, agar diperoleh etanol 98-99%, yang disyarakan sebagai bahan bakar. Alat pengolahan bioetanol didesain kompak antar unit operasi dengan proses pengolahan berlangsung secara sinambung dalam satu sistem proses. Alat ini diberi nama Alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda (Gambar 6.17), dengan komponen peralatan dan fungsinya sebagai berikut:

##### a. Tangki evaporator

Tangki evaporator-1, berfungsi untuk penguapan awal etanol

Tangki evaporator-2, berfungsi untuk menguapkan etanol hasil destilasi-1.

b. Destilator

Destilator-1 berfungsi mendinginkan dan mencairkan uap etanol dari tangki evaporator-1

Destilator-2 berfungsi mengkondensasi uap etanol dari evaporator-2 dan dehidrator, produk yang keluar dari corong pengeluaran merupakan produk etanol akhir.

Dehidrator; kolom penampung hidrat berfungsi menyerap air yang dikandung etanol dari tangki evaporator-2, agar diperoleh etanol berkadar tinggi, terutama jika etanol yang dihasilkan untuk keperluan bahan bakar mesin bensin.

Menara air; berfungsi menyediakan air destilasi dan pengendalian debit air, agar sesuai dengan kebutuhan proses penguapan dan kondensasi etanol. Jika berlebihan air destilasi akan menghambat proses penguapan dan kondensasi etanol.

Kompur; yaitu kompor pompa dengan bahan bakar minyak tanah, berfungsi sebagai sumber panas untuk menguapkan etanol. Kompur pompa dipasang di bawah tangki evaporator-1, pada tangki evaporator-2 sumber panas berasal dari air destilasi yang berasal dari kolom destilator-1.

Cara pengolahan pada alat pengolahan sistem evaporator-destilator ganda, sebagai berikut:

Persiapkan peralatan dan komponen pendukung lainnya.

Etanol kasar dimasukkan ke dalam tangki evaporator-1 dan dipanaskan pada suhu  $\geq 82^{\circ}\text{C}$ .

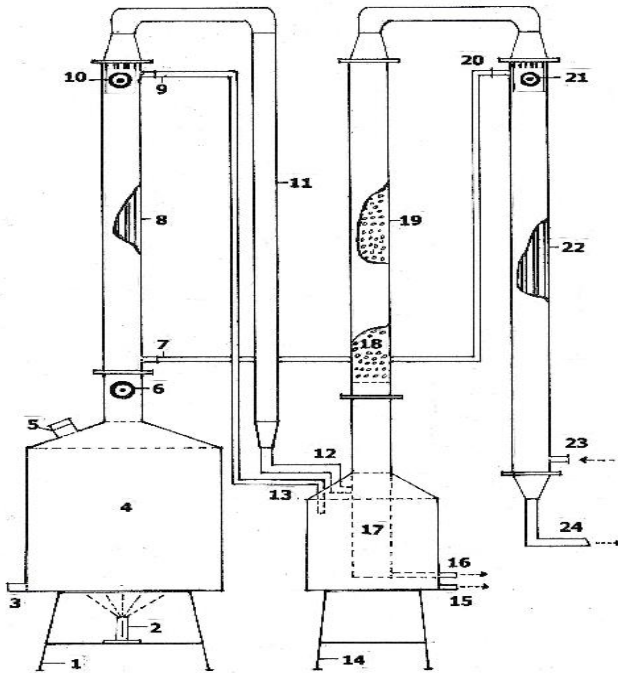
Pada suhu  $78-79^{\circ}\text{C}$ , dimulai penguapan etanol ke destilator-1, dan terjadi pendinginan, pencairan uap etanol menjadi cairan etanol. Cairan etanol pada

destilator-1 akan didorong ke atas dengan adanya tekanan uap air-etanol akibat pemanasan, dan etanol mengalir secara gravitasi ke tangki evaporator-2.

Dalam tangki evaporator-2, cairan etanol mengalami pemanasan dan menjadi uap, dan uap air-etanol terdorong ke kolom dehidrator yang berisi saringan molekuler. Air dalam campuran air-etanol akan diserap, uap etanol keluar kolom dehidrator ke destilator-2. Pada destilator-2, uap etanol didinginkan dan menjadi cairan etanol, yang akan mengalir keluar corong pengeluaran, ditampung dan diperoleh produk etanol.

Unit proses didinginkan, etanol pada tangki evaporator-2 dikeluarkan dengan membuka keran evaporator-2.

Residu pada tangki evaporator-1 dikeluarkan, jika kadar etanol 3-5% didestilasi ulang pada destilasi tunggal, sedangkan etanol 2% tidak diproses lagi, karena membutuhkan panas lebih banyak dan tidak sebanding dengan nilai etanol yang dihasilkan.



Gambar 21. Desain alat pengolahan etanol sistem evaporator-distilator ganda.

Keterangan Gambar:

1. Dudukan evaporator-1
2. Kompor pompa
3. Corong pengeluaran sisa etanol dari evaporator-1
4. Tangki evaporator-1
5. Corong pemasukkan bahan baku etanol
6. Thermo-koppel evaporator-1
7. Pipa pemasukkan air destilasi pada destilator-1
8. Kolom destilator-1
9. Pipa pengeluaran air destilasi pada destilator-1
10. Thermo-koppel destilator-1

11. Pipa pengaliran etanol dari destilator-1
12. Pipa pemasukkan etanol ke evaporator-2
13. Pipa air destilasi ke evaporator-2
14. Dudukan evaporator-2
15. Pipa pengeluaran air destilasi pada evaporator-2
16. Pipa pengeluaran sisa etanol pada evaporator-2
17. Tangki evaporator-2
18. Saringan molekuler
19. Kolom dehidrator
20. Pipa pengeluaran air destilasi pada destilator-2
21. Termo-koppel destilator-2
22. Kolom destilator-2
23. Pipa pemasukan air destilasi pada destilator-2
24. Produk etanol hasil dehidrasi

Kinerja alat pengolahan etanol dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku dan proses pengolahan. Bahan baku dengan kadar etanol rendah membutuhkan proses pemanasan berulang untuk menghasilkan etanol kadar tinggi (Tabel 11).

Tabel 11. Kinerja alat pengolahan etanol sistem evaporator-destilator ganda.

No.	Uraian	Tanpa Saringan molekuler		Dengan saringan molekuler	
		1	2	1	2
1.	Bahan baku:				
	- Kadar etanol (%)	28,0	70,0	39,0	25,0
	- Kadar gula (% Brix)	11,0	17,0	12,0	7,8
	- pH	4,2	6,0	4,5	4,3
	- Volume (L)	25,0	15,0	21,0	60,0
2.	Suhu optimal unit operasi:				
	-Tangki evaporator (°C)	82-94	79-81	81-92	81-92
	- Kolom destilator-1 (°C)	72-82	68-82	71-82	72-82
	- Kolom dehidrator (°C)	78-81	76-81	76-81	76-82
	- Kolom destilator-2 (°C)	40-50	34-40	38-55	40-60
3.	Waktu proses:				
	- Tetesan awal etanol (jam)	2,0	0,5	2,0	2,0
	- Lama proses (jam)	4,0	2,5	5,0	6,0
4.	Konsumsi bahan bakar (L)	4,0	2,5	5,0	6,0
5.	Proporsi produk etanol (%)				
	- Kadar 98,0-99,0 %	-	-	6,2	6,0
	- Kadar 95,0-96,0 %	2,0	12,3	-	-
	- Kadar 90,0-94,0 %	4,8	35,4	-	3,2
	- Kadar 80,0-89,0 %	19,3	16,9	19,8	8,7
	- Kadar 70,0-79,0 %	-	-	-	6,7
	- Kadar 4,0- 5,0 %	73,9	35,4	74,0	75,4

Sumber: Lay (2011).

Suhu evaporator sangat beragam antar masing-masing unit operasi, tergantung pada kadar etanol dan volume bahan baku. Makin rendah kadar etanol pada tangki evaporator-1 semakin tinggi suhu evaporator-1. Tetesan awal dan akhir etanol pada corong pengeluaran ditunjukkan oleh termometer pada kolom destilator-1, destilator-2 dan

dehidrator. Variasi suhu unit operasi, disebabkan oleh suhu etanol berkondensasi dalam kolom destilator. Suhu destilator-2 berkisar 30-60°C, dipengaruhi oleh suhu air destilasi dan panas kolom evaporator-2. Etanol keluar corong pengeluaran pada kolom destilator-2, suhu akan menurun mendekati suhu ruangan, yakni 30-32 °C.

Waktu mulai menetesnya etanol dan lamanya proses lebih cepat pada bahan baku dengan kadar etanol tinggi (70%) dibanding dengan kadar etanol rendah (25-39%). Hal ini disebabkan bahan baku dengan kadar etanol yang tinggi, titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih cepat dibanding dengan kadar etanol rendah.

Untuk kestabilan suhu pada masing-masing unit operasi agar proses berlangsung stabil, diperlukan pengendalian debit air destilasi, diupayakan 8-12 l /jam. Pengendalian debit air destilasi dilakukan melalui stop keran pada tangki air yang terletak pada menara air. Bahan bakar yang digunakan adalah minyak tanah dengan kompor pompa. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh lamanya proses pengolahan, dengan konsumsi rata-rata 1 l/jam. Penggunaan saringan molekuler menghasilkan etanol 98-99%, sedangkan tanpa saringan meleukuler menghasilkan etanol lebih rendah, yaitu 96%.

Untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 99,5% atau lebih, diperlukan modifikasi alat destilatordehidrator sistem sinambung, yakni dibuat tangki pemasakan ganda dengan memanfaatkan panas buangan yang berasal dari air destilasi. Penggunaan dehidrator ganda agar volume lebih besar untuk menampung saringan molekuler yang kemampuan adsorpsi air dari etanol hidrat setara satu periode proses, dan menggunakan saringan molekuler zeolit sintetis ukuran 3Å (Amstrong).

## 6.2.2. Biogas

Biogas dihasilkan dari fermentasi bahan organik oleh bakteri methanogen dalam kondisi anaerob. Gas yang dihasilkan tidak berwarna, tidak berbau dan mudah terbakar. Kandungan utama biogas adalah metana (CH<sub>4</sub>) 50 - 70%; karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) 30 - 40%; hidrogen (H<sub>2</sub>) 5 - 10%; dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit.

Pada pengolahan sagu diperoleh hasil ikutan berupa kulit batang sagu dan ampas sagu. Umumnya kulit batang yang keras (bagian pangkal sampai tengahan) dikeringkan dan dimanfaatkan sebagai papan alternatif, dan bagian kulit batang yang lembut (bagian ujung batang sagu) dikeringkan, dan digunakan sebagai bahan bakar untuk masak. Ampas sagu yang terdiri atas serat dan gabus empulur belum dimanfaatkan, membusuk di tempat pengolahan, kadang-kadang dimanfaatkan sebagai media tanam untuk tanaman hias di pekarangan. Ampas sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

### ***A. Teknologi produksi biogas ampas sagu***

Persiapan bahan baku dan unit proses sebagai berikut:

- a. Bahan baku ampas sagu yang terdiri atas serat dan gabus empulur merupakan limbah dari hasil ekstraksi pati sagu. Karakteristik ampas sagu ini yang dilakukan pada pengujian ini,
- b. Kotoran sapi atau tinja sapi, berfungsi sebagai sumber bakteri methanogen.
- c. Unit proses pengolahan ampas sagu dan kotoran sapi menjadi biogas, terdiri atas digester, penampung gas,

katup pengaman dan kompor, yang dirancang terpadu antar unit proses, yang berfungsi sebagai berikut: (a) Digester yang digunakan dalam pengolahan ampas sagu menjadi biogas, merupakan pengembangan dari tipe terapung (*floating type*), terbuat dari dua buah drum besi yang disambung menjadi satu. Kapasitas digester 250 liter, digester dilengkapi dengan saluran pemasukan bahan olah, pengeluaran hasil fermentasi, saluran pengaliran gas dan saluran pembuangan sisa proses berupa padatan, (b) Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi dalam digester sebelum masuk ke penampung gas yang terbuat dari plastik akan melewati katup pengaman yang di dalamnya diberi air. Katup pengaman ini diletakkan tepat setelah digester, yang berfungsi untuk menahan tekanan yang terjadi di dalam digester dan memudahkan uap air hasil kondensasi turun dan masuk ke dalam botol penampungan. Air yang berlebihan dalam sistem dapat menyumbat saluran biogas, dengan adanya kandungan air dalam biogas akan menurunkan tingkat panas api, dan (c) Biogas yang telah ditampung dapat digunakan untuk memasak menggunakan kompor khusus biogas. Kompor biogas memiliki tuas sebagai kontrol untuk menyalakan dan mematikan api.

## ***B. Prosedur produksi biogas***

Prosedur produksi biogas dari ampas sagu, sebagai berikut: Campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1 yang berfungsi sebagai starter dimasukkan. Setelah terbentuk gas ( $\pm$  7–10 hari), setiap hari dimasukkan campuran ampas sagu dan air dengan perbandingan 1 : 2. Apabila campuran kotoran sapi, air dan ampas sagu dengan

perbandingan 1 : 1 : 2 langsung dimasukkan ke dalam digester tanpa melakukan inisiasi awal dengan kotoran sapi, maka diperlukan waktu fermentasi sekitar 28-35 hari untuk menghasilkan biogas.

Selama proses fermentasi berlangsung, *valve* yang ada pada penampung gas ditutup, agar kondisi anaerob digester tetap terjaga. Pengisian bahan baku ke dalam digester maksimum  $\frac{3}{4}$  dari volume total digester. Biogas yang dihasilkan mengandung metana 50,34%. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter membutuhkan waktu 10-12 menit dan nyala api yang dihasilkan berwarna biru serta tidak berbau.

Unit pengolah biogas yang dihasilkan membutuhkan beberapa perbaikan di antaranya pada digester dan kompor. Hal ini dilakukan karena: (a) Bahan baku ampas sagu mengandung senyawa yang sukar untuk terurai, yaitu lignin, dan terbentuknya lapisan kerak pada permukaan cairan yang akan menghambat laju proses pembentukan biogas. Oleh karena itu, perlu ditambahkan pengaduk agar proses penguraian bahan baku dapat berlangsung optimal dan lapisan kerak yang terbentuk dapat dipecah, dan (b) Diameter pipa yang digunakan untuk menyalurkan biogas pada kompor perlu diperkecil, yaitu dari 0,5 inci ke 0,2 inci, agar tekanan biogas yang dihasilkan lebih besar pada proses pembakaran dan konsumsi biogas menjadi lebih efisien. Dalam upaya meningkatkan produksi biogas dengan kandungan metan yang optimum dari ampas sagu, perlu dilakukan peningkatan volume digester, agar bahan yang difermentasi lebih banyak (Lay *et al.* 2010).

# VII. PRODUK LAINNYA

## 7.1. Biodegradable Plastic

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang tersedia melimpah di alam, bersifat mudah terurai (*biodegradable*), mudah diperoleh dan murah. Sifat-sifat pati sesuai untuk bahan dasar pembuatan *edible coating/film* karena dapat membentuk film yang cukup kuat. Penggunaan bahan-bahan alami dalam pengemas *edible* berbahan baku polimer alami akan mengurangi limbah plastik yang berasal dari polimer sintesis sehingga mengurangi kerusakan lingkungan (Winarti *et al.* 2012). Plastik yang dibuat dari polisakarida (karbohidrat), protein, dan lipid memiliki banyak keunggulan, yaitu *biodegradable*, penampilan yang estetik dan kemampuannya sebagai penghalang terhadap oksigen dan tekanan fisik selama transportasi dan penyimpanan.

Proses produksi *biodegradable plastic* berbasis pati sagu diawali dengan mendispersikan pati dengan akuades, kemudian dipanaskan dan ditambahkan *plasticizer* atau lipida. Konsentrasi gliserol yang ditambahkan sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan elongasi plastik (Ahmad *et al.*, 2011). Proses selanjutnya yaitu pemanasan sampai bahan tergelatinisasi (Miskiyah *et al.* 2009). Campuran selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 17-24 jam.

## 7.2. Pupuk Organik

Limbah hasil ekstraksi sagu berupa ampas berpotensi sebagai pupuk organik, dan dapat digunakan sebagai kondisioner tanah. Dilaporkan Salisbury dan Ross (1995)

bahwa limbah seperti ampas sagu mengandung asam-asam fenolat yang bersifat racun pada tanaman. Adanya bahan aktif fenol dalam ampas sagu, dapat difungsikan sebagai insektisida, herbisida dan fungisida. Pemberian ampas sagu yang telah mengalami dekomposisi satu bulan dapat mengurangi pertumbuhan tinggi gulma, dibanding memakai media pasir. Aplikasi ampas sagu sebagai mulsa harus dilakukan setelah tanaman pokok ditanam, agar tidak terkontaminasi dengan organ hijauan tanaman pokok, hal ini disebabkan ampas sagu bersifat toksik (Syakir, 2010).

Pada pengolahan sagu, dilakukan pemisahan kulit batang dan empulur, Empulur diekstraksi dengan air akan diperoleh pati dan ampas sagu. Berat empulur pada sagu *Metroxylon* berkisar 800-1.000 kg, yang mengandung sekitar 25-35% pati, dan 65-75% ampas. Ampas sagu basah bersifat toksik, sehingga perlu dikeringkan sebelum digunakan sebagai bahan baku pupuk organik. Selain itu, pegeringan amaps sagu memudahkan pengolahan menjadi pupuk organik. Potensi pupuk organik dari limbah sagu selain ampas, adalah anakan non produktif, dan daun.

Umumnya pengolahan pupuk organik dilakukan secara manual, sehingga produktivitas terbatas, kualitas pupuk kurang memadai dan membutuhkan tenaga kerja. Cara pengolahan pupuk organik secara manual, mengakibatkan usaha pengolahan pupuk organik kurang berkembang, dampaknya aplikasi pupuk organik pada berbagai tanaman pertanian kurang berkembang , walaupun *slogan* yang selama ini dikumandangkan adalah *Demi kesehatan gunakan bahan pangan organik dan gunakan bahan baku organik*, artinya peningkatan produksi pertanian tanpa menggunakan pupuk anorganik atau pupuk kimia.

Pengolahan pupuk organik sebaiknya dilakukan dengan cara mekanis, yaitu dukungan alat/mesin pertanian seperti pengolahan pupuk organik, semakin diperlukan untuk peningkatan produktivitas, mutu hasil, mengatasi kesulitan tenaga kerja, dan menekan biaya produksi. Untuk pengolahan pupuk organik dari limbah sagu, dapat menggunakan alat modifikasi alat/mesin pengolahan pupuk organik limbah kelapa (La, 2011 dan Lay 2012). Pada pengolahan pupuk organik sistem mekanis skala kelompok tani kapasitas olah 1.500-2.000 kg/hari, peralatan terdiri atas pencacah, penghancur, ayakan, pencampur dan bak fermentasi (Gambar 22, 23 dan 24). Pengadaan alat membutuhkan biaya cukup besar, namun untuk penyediaan pupuk organik yang bermutu, murah, dan untuk menunjang peningkatan produksi pertanian di masa mendatang sangat diperlukan.



Gambar 22. Alat pencacah limbah kelapa/limbah sagu (kiri) dan penghancur hasil cacahan (kanan).



Gambar 23. Alat ayakan bahan organik/hancuran limbah (kiri) dan bak fermentasi pupuk organik (kanan).



Gambar 24. Pencampuran pupuk organik secara manual (kiri) dan alat pencampur sistem mekanis (kanan).

Pengolahan pupuk organik limbah sagu yang dimodifikasi dari cara pengolahan limbah kelapa, sebagai berikut:

Penyiapan bahan olah pupuk organik: Pencacahan daun/pelepeh daun kering, penghancuran hasil pencacahan, pengayakan ampas sagu kering sebanyak 800 kg,

Pengumpulan kotoran ayam/sapi dan dikeringkan, diayak pada ayakan sentrifugal dengan ukuran lubang ayakan 5-6 mesh, sebanyak 800 kg.

Penyiapan larutan fermentasi: Ditimbang gula pasir sebanyak 1,6 kg, dan dilarutkan dalam air sebanyak 6,4 L, diaduk sampai larut sehingga terbentuk larutan gula. Larutan EM4 sebanyak 1,6 L ditambahkan ke dalam larutan gula, diaduk hingga merata.

Pencampuran bahan olah; Larutan gula + EM4 dituangkan ke dalam campuran bahan olah pupuk organik secara merata dan selanjutnya ditambahkan air sebanyak 50 % dari berat bahan olah, diaduk secara manual atau mekanis sampai merata berupa adonan.

Campuran berupa adonan yang telah merata, dimasukkan ke dalam bak fermentasi untuk difermentasi. Bahan olah yang akan difermentasi dalam bak fermentasi ditutup dengan terpal plastik

Proses fermentasi; Proses fermentasi pupuk organik limbah sagu menggunakan proses fermentasi semi aerob. Proses fermentasi berlangsung selama 9-10 hari pada suhu fermentasi berkisar 30-45 °C, sedangkan suhu ruang 29-31 °C. Pada suhu fermentasi pupuk organik < 50°C tidak memerlukan pembalikan bahan olah pupuk selama proses fermentasi.

Produk pupuk organik; Setelah fermentasi selama 9-10 hari, akan dihasilkan pupuk organik dengan kondisi fisik gembur, berwarna coklat gelap dan tidak berbau (Gambar 25).



Gambar 25. Pupuk organik limbah pertanian.

Pada pengolahan dengan cara ini, setiap periode proses (10 hari) akan dihasilkan pupuk organik sebanyak 1.600 kg, jika pengolahan dilakukan rutin setiap hari, dan dibutuhkan 10 kali volume wadah fermentasi seperti yang diuraikan di atas. Pengolahan pupuk organik setiap hari, dihasilkan 1.600 kg/hari, atau setahun (300 hari kerja) diproduksi 480 ton pupuk organik/tahun. Apabila penggunaan pupuk organik untuk tanaman pangan/perkebunan berkisar 2,4 ton/tahun, penggunaan satu unit alat pengolahan dapat melayani areal pertanian seluas 200 ha. Jika proses pengolahan dioptimalkan dan menghasilkan 2 ton pupuk organik/hari, maka dapat diproduksi pupuk organik 600 ton/tahun, yang dapat melayani kebutuhan pupuk organik pada areal pertanian seluas 250 ha. Untuk mendukung usaha peningkatan produksi pertanian dengan memanfaatkan pupuk organik dari limbah hasil pertanian setempat, maka setiap desa memerlukan 1-2 unit alat pengolahan pupuk organik.

Analisis finansial penggunaan alat pengolahan pupuk organik limbah pertanian yang dioperasikan selama 10 tahun adalah layak dan menguntungkan, yang ditandai oleh nilai BCR (*Benefit cost ratio*) = 1,64; NPV (*Net present value*) = Rp.1.499.402.000; IRR (*Internal rate of return*) = 74,5% dan BEP (*Break even point*) adalah 1 tahun 3 bulan. Analisis sensitivitas pada penurunan harga pupuk sebesar 5 % adalah layak dan menguntungkan, ditandai nilai BCR (12%) = 1,46; NPV (12 %) = Rp. 1.244.806.000; IRR 63,3% dan BEP 2 tahun 3 bulan. Alat pengolahan pupuk organik ini, layak diaplikasikan pada tingkat kelompok tani (Lay 2012).

### **7.3. Limbah Sagu sebagai Herbisida Organik**

Pengendalian gulma diharapkan dapat meningkatkan daya saing tanaman pokok dan melemahkan daya saing tanaman pengganggu. Beberapa metode pengendalian gulma adalah secara preventif, mekanis, kultur teknis, kimiawi, hayati dan terpadu. Salah satu metode yang dapat dikembangkan dengan meminimumkan kerusakan maupun biaya produksi dan memaksimalkan keuntungan adalah dengan cara kultur teknis. Metode kultur teknis dilakukan dengan menciptakan kondisi yang merugikan pertumbuhan gulma, tetapi dapat sekaligus memacu pertumbuhan tanaman pokok.

Salah satu contoh metode kultur teknis adalah penggunaan mulsa organik. Limbah sagu sebagai mulsa organik mengandung bahan aktif seperti senyawa fenolat yang bersifat racun terutama terhadap gulma berdaun lebar. Penggunaan limbah sagu segar 100% sebagai mulsa mampu mengurangi pertumbuhan dan dapat menyebabkan kematian gulma berdaun lebar (*Borreria alata* (Aubl) DC dan *Mikania micrantha* HBK). masing-masing 23,10% dan 18,89%.

Penggunaan limbah sagu sebagai herbisida organik adalah efektif untuk menekan pertumbuhan dan perkembangan gulma berdaun lebar. Limbah sagu sebagai herbisida organik mempunyai karakter sebagai racun kontak dalam menekan pertumbuhan gulma (Syakir *et al.* 2008 ).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., H. Anuar and Y. Yusof. 2011. The study of biodegradable thermoplastics sago starch. *Key Engineering Materials Vols. 471-472*: 397-402.
- Anonim, 2003. Laporan Tahunan. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. 22 hal.
- Anonim, 2010a. Mentan: Orang Kota Masih Jarang Makan Sagu.  
href='http://openx.detik.com/delivery/ck.php?n=a3db6179&mp
- Anonim, 2010b. Pemerintah Usul Raskin Dicampur Sagu. <http://seafast.ipb.ac.id/index.php/articles/38-foodanutrition/130-pemerintah-usul-raskin-dicampur-sagu>.
- Anonim, 2010c. Leafleat Mi Sagu. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Anonim, 2014a. Sejarah mie dan asal usulnya. <http://mesinmie.biz/sejarah--mie-dan-asal-usulnya/>. [diakses 2 Oktober 2014].
- Anonim, 2014b. Tabel komposisi Perbandingan nilai gizi mie jagung dan mi instan terigu. <http://diversifikasipangan.wordpress.com/2010/02/06/mie-jagung/>. [diakses 2 Oktober 2014].
- Anonim. 2014c. Jenis produk olahan sago dan teknologinya. [www.disperindagkepri.org/index.php?](http://www.disperindagkepri.org/index.php?) [diakses tanggal 4 Oktober 2014].
- Allorerung, D., J.H.W. Rembang dan Miftahorrachman. 1994. Rehabilitasi sago. Kumpulan Makalah Pra Panen pada Simposium II Hasil-hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Cipayung, Bogor, 21-23 November 1994, Puslitbangtri, Bogor.

- Allorerung, D. dan J.H.W. Rembang. 1995. Pola rehabilitasi hamparan sagu. Buletin Balitka. 18 : 1-9.
- Azriani, Y. 2006. Pengaruh Jenis Kemasan Plastik dan Kondisi Pengemasan Terhadap Kualitas Mi Sagu Selama Penyimpanan. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. 69 hal.
- Badan Litbang Kehutanan. 2005. Potensi hutan sagu, kendala pemanfaatan dan prospek pengembangannya. Makalah Badan Litbang Kehutanan. Bogor.
- Bintoro, M.H. 2008. Bercocok tanam sagu. Bogor: IPB. 71 hal.
- Bintoro, M.H., H.Y.J. Purwanto dan S. Amarillis. 2010. Sagu di lahan gambut. IPB Press. 169 pp.
- Bruce Fife, C.N.N.D. 2004. The Coconut Oil Miracle. Penguin Group (USA) Inc. New York. 239p.
- Chafid, Ahmad, dkk. 2010. Modifikasi tepung sagu menjadi maltodekstrin menggunakan enzim amilase. Universitas Diponegoro.
- Darmoyuwono, W. 2006. Gaya hidup sehat dengan Virgin Coconut Oil. PT. Indeks Kelompok Gramedia. 108 Hal.
- Ekpo, K.E. and A.O. Onigbinde. 2005. Nutritional Potentials of the Larva of *Rhynchophorus phoenicis* (F). Pakistan Journal of Nutrition 4 (5): 287-290.
- Englyst, H. N., S.M. Kingman and J.H. Cummings. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. European Journal of Clinical Nutrition 46: S33-S50.
- Flach, M.F. 1983. The sago palm: Domestication, exploitation and products F.A.O. palm production and protection paper. AGPC/MISC/PREPRINT. A development paper presented at the FAO sponsored expert consultation on the sago palm and its product. F.A.O. Rome.

- Gumbira, S.E., D. Mangunwidjaya, A. Darmako dan Suprasono. 1996. Produksi aseton-butanol-etanol dari substrat hidrolisat pati sagu dan onggok tapioca hasil hidrolisis enzimatis. Prosiding Simposium Nasional III. Pekanbaru, Riau, 27-28 Februari 1996.
- Hallet R.H., A. C. Oehlschlager and J.H. Borden. 1999. Pheromone trapping protocols for Asian Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Pest Management*, 45(3) 231-237.
- Hartomo, A. J. dan M. C. Widiatmoko. 1992. Emulsi dan Pangan Instant Berlesitin. Andi Offset, Yogyakarta.
- Haryanto, Bambang dan Philipus Pangloli. 1992. Potensi dan Pemanfaatan Sagu. Kanisius, Yogyakarta.
- Haryanto, B dan P. Pangloli. 1999. Potensi dan pemanfaatan sagu. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Hosang, M.L.A. 2010. Ulat sagu *Rhynchophorus* sebagai bahan makanan alternatif. Prosiding Konperensi Nasional Kelapa VII. Buku II. Manado, 26-27 Mei 2010.
- Hutapea, R.T.P., P.M. Pasang., D.J. Torar dan Abner Lay. 2003. Keragaan Sagu Menunjang Diversifikasi Pangan. Prosiding Seminar Nasional Sagu. Hal. 165-173
- Huebner, J., R.L. Wehling and R.W. Hutkins. 2007. Functional Activity of Commercial Prebiotics. *International Dairy Journal* 17: 770-775.
- Istalaksana, P., Y. Gandi, P. Hadi, A. Rchani, K. Mbaubedari and S. Bachri. 2005. Conversion of natural sago forest into a sustainable sago palm plantation at Mserei District, Waropen, Papua, Indonesia: Feasibility Study. In: Karafir, Jong and Fere (Ed) Sago Palm Development and

- Utilization. Proceedings of the Eight International Sago Symposium Pp. 65-75.
- Jong, F.S. 2003. Pembangunan sebuah perkebunan sago secara maju dengan rekomendasi khusus Papua. *Dalam Y.P.Karafir et al.* (Eds.). Prosiding Lokakarya Nasional Pendayagunaan Pangan Spesifik Lokal Papua. Universitas Negeri Papua, Jayapura, 2-4 Desember 2003. Hl.15-26.
- Jong, F.S. 1995. Research for the development of sago palm (*Metroxylon sago* Rottb) cultivation in Sarawak, Malaysia. Sadong Press Sdn. Bhd. 139 pp.
- Jong, F.S. 2007. The commercial potentials of sago palms and methods of commercial sago palm (*Metroxylon sago* Rottb) plantation establishment. Prosiding Lokakarya Pengembangan Sagu di Indonesia. Batam 25-26 Juli 2007. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Bogor. ISBN : 978-979-8451-50-8.
- Jose, C., S. Bahri dan B. Sosrodiningrat. 2000. Quality and sensory properties of sago noodles fortified with soymilk and cocomilk. Prosiding of the International Sago Seminar, Bogor 22-23 March 2000. Hlm 133-140.
- Kalshoven LGE. 1981. Pest of crops in Indonesia. Revised and Translated by P.A. van Der Laan. PT. Ichtar Baru Van Hoere. 701p.
- Kasi, P.D. dan Sumaryono. 2006. Keragaman morfologi selama perkembangan embrio somatik sago (*Metroxylon sago* Rottb).
- Lakuy, H. dan J. Limbongan. 2003. Beberapa hasil kajian dan teknologi yang diperlukan untuk pengembangan sagi di Provinsi Papua. Prosiding Seminar Nasional Sagu, 6

- Oktober 2003 di Manado. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. p.41-57.
- Lawalata, V.N. 2004. Kajian pemanfaatan kenari (*Canarium ovatum*) untuk meningkatkan nilai gizi sagu mutiara. Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 93 hal.
- Lay, A. 2002. Alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu. Paten No. ID 0.000 367 S.
- Lay, A. 2009. Rekayasa teknologi alat pengolahan bioetanol dari nira aren. *Buletin Palma*; (37): 100-113.
- Lay, A. 2011. Perancangan teknik proses produksi pupuk organik limbah kelapa kapasitas 2 ton/hari. Workshop Mekanisasi Pertanian Balai Besar Mekanisasi Pertanian. Serpong, Desember 2011.
- Lay, A. 2012. Rekayasa alat pengolahan etanol dari aren sistem evaporator-destilator ganda. *Buletin Palma*; 12(2): 92-102.
- Lay, A., R.T.P. Hutapea dan D.J. Torar. 2003. Teknologi pengolahan sagu skala pedesaan. Prosiding Seminar Nasional Sagu. Manado, 6 Oktober 2003.
- Lay, A., E. Tenda., dan P.M. Pasang). 2010. Optimalisasi pengolahan sagu (*Metroxylon* sp) menjadi biofuel. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*; 16 (2): 1-5.
- Lay, A., D.Allorerung, Amrizal, M. Djafar dan N.L. Barri. 1998. Pengolahan sagu berkelanjutan. Prosiding Seminar Regional Kelapa dan Palma Lain Manado. p.217-229.
- Limbongan, J.. 2007. Morfologi Beberapa Sagu Potensial Di Papua. *Jurnal Litbang Pertanian* Vol 26, No 1.
- Louhenapessy, J.E. A. Sarjana, M. Luhukay, H. Talahattu, F. Polnaya, H. Salampessy, R.B. Riry, A. Ngingi, S. Handal, Ilyas Nurdin, J. Latuputty, M. Hursepuny dan A.

- Patimukay. 2011. Usulan pelepasan varietas sago Molat Maluku. Dinas Pertanian Provinsi Maluku dan BBP2TP Ambon Ditjen Perkebunan-Kementrian Pertanian. 52 hal.
- Luhulima, F., S.A Karyoto, Y. Abdullah dan D. Dampa. 2005. Feasibility study of the establishment of commercial sago plantation in South Sorong, Papua Barat, Indonesia. In: Karafir, Jong and Fere (Ed.) Sago Palm Development and Utilization. Proceedings of the Eight International Sago Symposium. Pp. 57-64.
- Malia, I. E dan H. Novarianto, 1994. Karakteristik sago Tuni (*Metroxylon rumphii*, Mart) asal Maluku Tengah. Buletin Balitka (23): 13-19. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain.
- Mahatama dan Afrianto, 2012. Tinjauan pasar tepung terigu. Edisi: 01/TRG/TKSPP/2012. Ews.kemendag.go.id/download.aspx?. Kemen-terian Perdagangan Republik Indonesia. [diakses 19 Desember 2013].
- Mahmud, M.K., Hermana., N.A. Zulfianto., R. Rossana., I. Ngadiarti., B. Hartati, Bernadus dan Tinexcellly. 2005. Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM). Ed. Atmarita. Diterbitkan oleh Persatuan Ahli Gizi Indonesia (Persagi), Jakarta. 95 Hal.
- Maliangkay, R.B., Y.R. Matana dan E. Manaroinsong. 2003. Penyediaan bahan tanaman sago. Prosiding Seminar Nasional Sago, Manado 6 Oktober 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Bogor. ISBN: 979-8451-30-9.
- Manaroinsong, E. R.B. Maliangkay dan N. Mashud. 2008. Budidaya tanaman sago (*Metroxylon* sp) di lahan pasang surut. Buletin Palma No. 34:75-85. Pusat

Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor  
ISSN:1979-679X

- Matanubun, H., B. Santoso, B. Nauw, A. Rochani, D.N. Irbayanti, M.A.P. Palit dan A. Kurniawan. 2005. Feasibility study of the natural sago forest for the establishment of the commercial sago palm plantation at Kaureh District, Jayapura, Papua Province, Indonesia. In: Karafir, Jong and Fere (Ed) Sago Palm Development and Utilization. Proceedings of Eight International Symposium. Pp.79-92.
- Mariyati, M. 2014. Mie sagu Goreng. <http://www.lestariweb.com/Indonesia/MieSaguGoreng.php>. [diakses 2 Oktober 2014].
- Mercer, C.W.L. 1993. Insects as food in Papua New Guinea. *In* Invertebrates (Minilivestock) Farming (J. Hardouin; C. Stievenart, eds.), pp. 157-162. Philippines: EEC-DGXII/CTA/IFS/DMMMSU/ITM. (Papua New Guinea: Introduction and several orders and families)
- Mercer, C.W.L. 1994. Sago grub production in Labu swamp near Lae - Papua New Guinea. *Klinkii* (Jour. Forestry Papua New Guinea) 5(2): 30-34. (Papua New Guinea: Curculionidae)
- Mercer, C.W.L. 1997. Sustainable production of insects for food and income by New Guinea villagers. *Ecol. Food Nutr.* 36(2-4): 151-157.
- Miftahorrahman dan H. Novarianto. 2003. Jenis-jenis sago potensial di Sentani, Irian Jaya. Prosiding Seminar Nasional Sagu, 6 Oktober 2003 di Manado. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. p.90-98.
- Miskiyah, Widaningrum, dan C. Winarti. 2009. Formulasi dan aplikasi *edible coating* pada paprika (*Capsicum annum*) untuk meningkatkan masa simpan minimal 10 hari.

- Laporan Akhir Tahun. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- Miyazaki, A., 2004. Studies on Differences in Photosynthetic Abilities Among Varieties and Related Characters in Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb), Faculty of Agriculture, Kochi University, Unpublish.
- Mudjajanto, E.S. dan L.N. Yuliati. 2004. *Membuat Aneka Roti*. Penebar wadaya.
- Mulyadi, J. 2011. Tren konsumsi roti sebagai makanan pokok masyarakat Indonesia. Dninisbakery. webs. com./apps/blog/show/5980696. [diakses 19 Desember 2013].
- Mulyanto, B and Suwardi. 2000. Distribution and characteristics of land, the sago palm (*Metroxylon* spp.) habitat in Indonesia. Proceeding of the International Sago Seminar held in Bogor, Indonesia, March 22-23, 2000.
- Murashige, T and F. Skoog.1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Munarso, S. J. 2004. Pati Resistan dan Peluang Perbaikan Mutu Pangan Tradisional. Prosiding Seminar Nasional. Peningkatan Daya Saing Pangan Tradisional.
- Novarianto, H. Miftarrochman, I. Maskromo dan H.F. Mangindaan. 1996. Keragaman dan kemiripan tipe tipe sago asal Desa Kehiran, Kecamatan Sentani, Kabupaten Jayapura, Irian Jaya. *Jurnal Litri* 1(5) : 227-239.
- Novarianto, H., M.A. Tulalo, J. Kumaunang dan C. Indrawanto. 2013. Usulan pelepasan varietas sago Selatpanjang Meranti. Dinas kehutanan dan Perkebunan Kabupaten

- Kepulauan Meranti, Riau dan Badan Litbang Pertanian. 65 hal.
- Novarianto, H., E. Manaroinson, Limbongan, J., Louw, J dan M.H. Bintoro. 2006. Studi banding tanaman sagu di Craun Research SDN.BHD. Sarawak-Malaysia. Laporan Hasil Kunjungan. Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian.
- Nugroho, T.T., C. Jose, Wahyuningsih, Paslu, Sufiati and S. Soemitro. 2000. Several considerations on the immobilized enzymatic processing of sago starch to reducing sugar syrup. Prosiding of the International Sago Seminar, Bogor 22-23 March 2000. Hlm 141-147.
- Oates, C. and A. Hicks. 2002. Sago starch production in Asia and the Pacific problems and prospects. New Frontiers of Sago Palm Studies. Universal Academic Press, Inc, Tokyo, Japan. P.27-36.
- Oliver, D.L. 1989. Oceania. The Native Cultures of Australia and the Pacific Islands. Honolulu: Univ. Hawaii Press, p. 240, 244. (Papua New Guinea: Curculionidae; Polynesia: Introduction).
- Pangkali, L.B. 1994. Taksiran kandungan tepung jenis sagu Yepha (*Metroxylon sagus* Rottb) berdasarkan tempat tumbuh di Sentani, Kab. Jayapura. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Cendrawasih.
- Polnaya, E.F., J. Talahatu., Haryadi., D.W/ Marseno dan H.C.D. Tuhumury. 2008. Karakterisasi sifat fisikokimia beberapa pati sagu (*Metroxylon* sp). Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Ambon.
- Pranamuda, H., Y. Tokiwa dan H. Tanaka. 1996. Pemanfaatan pati sagu sebagai bahan baku *biodegradable plastic*. Prosiding Simposium Nasional Sagu III. Pekanbaru, Riau, 27-28 Februari 1996.

- Pranowo, D., H.T. Luntungan, D. Allorerung dan Z. Untu. 1993. Budidaya tanaman kelapa di lahan pasang surut. Seri Pengembangan No. 22/1993. Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Industri.
- Prihatman, K. 2000. Sagu (*Metroxylon* sp). Sistem Informasi Pembangunan Pedesaan. Proyek Pemb. Bappenas. Jakarta.
- Price, M. 2004. Terapi Minyak Kelapa. Judul asli: Coconut Oil for Your Health. Diterjemahkan oleh Ulum B. Penerbit Prestasi Pustaka, Jakarta.
- Purwani, E.Y., Setiawati., H. Setianto, S.J. Munarso., N. Richana dan Widaninrum. 2004. Utilization of Sago Starch for Transparant Noodle in Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Daya Saing Pangan Tradisional. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Ramandey E and Henk van Mastrigt. 2010. Edible insects in Papua, Indonesia: from delicious snack to basic need. Forest insects as food: humans bite back / Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand.
- Rindengan, B., P. Pasang., D. Torar dan S. Karouw. 2012. Substitusi Tepung Sagu dan Virgin Coconut Oil (VCO) pada Pengolahan Biskuit. Buletin Palma 13(1):54-59.
- Rindengan, B., P.M. Passang, S. Karouw dan D.J. Torar. 2012. Diversifikasi sagu menjadi beberapa produk pangan untuk menekan konsumsi terigu sekitar 20-30 persen. Laporan Akhir Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa Kementerian Riset dan Teknologi.

- Rindengan, B. 2013. Substitusi Pati Sagu pada Pengolahan Roti Manis. *Buletin Palma* 14(2):117-124.
- Rosida. 2009. Evaluasi nilai gizi pati resisten pada kerupuk dari empat jenis pati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 20(1): 57-61.
- Rostiwati, T., F.S.Jong dan M. Natadiwirya. 1998. Penanaman sagu (*Metroxylon sagu* Rottb) berskala besar. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta. 60p.
- Sajilata, M.G., R.S. Singkal and P.R. Kulkarni. 2006. Resistant starch: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol 5.
- Saksono dan Monalisa. 2011. Konsumsi roti Indonesia tumbuh tertinggi dibanding 11 negara. [www.indonesiainancetoday.com](http://www.indonesiainancetoday.com). [diakses 19 Desember 2013].
- Salisbury. F.B., dan C.W. Ross. 1955. Fisiologi tumbuhan. Diterjemahkan oleh Lukman dan Sunaryo, ITB Bandung.
- Sanusi, A. 2006. Formulasi Sagu Instan Sebagai Makanan Tinggi Kalori. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor. 118 hal.
- Shi, M-M and Q-Y. Gao. 2011. Physicochemical properties, structure and in vitro digestion of resistant starch from waxy rice starch. *Carbohydrate Polymers* 84: 1151–1157.
- SII. 0177-90. 1990. Syarat dan Mutu Biskuit. Standar Industri Indonesia. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Singh, S.P. and P. Rethinam. 2005. Trapping-a major tactic of BIPM strategy of palm weevils.
- Singhal, R.S., J.F. Kennedy, S.M. Gopalakrishnan, A. Kaczmarek, C.J. Knill and P.F. Akmar. 2008. Industrial production,

- processing, and utilization of sago palm-derived products. *Carbohydrate Polymers* 72: 1–20.
- Sitorus, S.R. 2004. Pembuatan biskuit untuk makanan sapihan dari pati garut. Fateta IPB. Bogor. 71 hal.
- Standar Nasional Indonesia-SNI 01-2973-1992. Syarat Mutu Biskuit. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1995. Roti. SNI 01-3840-1995. Dewan Standardisasi Nasional-DSN.
- Syakir, M. 2010. Pengaruh ampas sagu (*Metroxylon sago* Rottb) terhadap perkembangan gulma berdaun sempit (*Axonopus compressus* (SW)Beauv). *Buletin Palma*, (37):206-212.
- Syakir, M. 2014. Peluang pengembangan dan status teknologi komoditas sagu di Indonesia. Makalah disampaikan pada Focus Group Discussion Sagu Sebagai Komoditas Potensial Pilar Kedaulatan Pangan dan Energi pada tanggal 15 September 2014.
- Syakir, M., M.H. Bintoro, H. Agusta, Muh. Thamrin dan D. Hernita. 2008. Efektivitas Limbah Sagu dalam Menekan Pertumbuhan Gulma Berdaun Lebar (*Borreria alata* (Aubl) DC dan *Mikania micrantha* HBK). *Buletin Palma*. 34(59-69).
- Taggart, P. 2004. Starch as Ingredients: Manufacture and Applications. Di dalam: Eliason A.C. (Ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*, CRC Press, Baco Raton, Florida.
- Taherzadeh, MJ., dan K. Karimi. 2011. Bioethanol: Market and production processes. In *biofuels refining and performance* by Nag, A.R. McGraw Hill. Company., Inc. New York. P. 69-105.

- Tan Hong Tong. 1982. Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb) sebagai tanaman perkebunan. Diterjemahkan oleh Nazar Nur. Menara perkebunan; 50 (4):91-99.
- Tenda, E.T., H. Mangindaan, dan J. Kumaunang. 2003. Eksplorasi jenis-jenis sagu potensial di Sulawesi Tenggara. Prosiding Seminar Sagu untuk Ketahanan Pangan. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma lain. Manado 6 Oktober 2003.
- Tenda, E.T., Miftahorrachman dan E. Manaroinsong. 2014. Usulan pelepasan varietas sagu baru Sangihe. Dinas Perkebunan Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara dan Badan Litbang Pertanian. 42 hal.
- Tim P4B IPB. 2013. Hasil survey Tim P4B (Percepatan Pembangunan Provinsi Papua dan Papua Barat)-IPB. Disampaikan pada Workshop Business Plan Pengembangan Komoditas Sagu di Papua dan Papua Barat, Bogor, 2 Desember 2013.
- Timoti, H. 2005. Aplikasi Teknologi Membran pada Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO). PT. Nawapanca Adhi Cipta. 43 hal.
- Tulalo, A. Meity. 2011. Konservasi dan karakterisasi 142 aksesori plasma nutfah kelapa, sagu, aren dan pinang. Laporan Hasil Penelitian, Balit Palma Manado. 58 pp.
- Widaningrum, B.A. Santoso, E.Y. Purwanti. 2005. Penelitian pengaruh suhu pemeraman terhadap kualitas mi sagu dan kadar resistant starch (RC). Prosiding Seminar Nasional Teknologi inovatif pascapanen untuk pengembangan industri berbasis pertanian. Hal 432-443.
- Widjono, A., A. Rouw dan Aamispapia. 2000. Identifikasi, karakterisasi dan koleksi jenis-jenis sagu. Makalah

Prosiding Seminar Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian.

Winarti, C., Miskiyah dan Widaningrum. 2012. Teknologi produksi dan aplikasi edible antimikroba berbasis pati. *Jurnal Litbang Pertanian* 31(3): 85-93.

## GLOSSARY

**Aksesi:** Sekumpulan jenis tanaman dalam satu spesies yang dianggap berbeda genetiknya, tetapi belum dideskripsi secara lengkap.

**Alfa amilase:** enzim yang berperan dalam proses degradasi pati untuk memotong ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik pada molekul pati sehingga terbentuk molekul-molekul karbohidrat yang lebih pendek.

**Alkohol hidrat:** Alkohol yang mengandung cukup banyak air, seperti alkohol berkadar 70-96 %.

**Alkohol absolut:** Alkohol yang sangat sedikit mengandung air, yakni alkohol yang berkadar 99 % atau lebih.

**Alkoholmeter:** Alat pengukur kadar alkohol atau etanol, yang praktis digunakan dilapang, dalam satuan %.

**Amilopektin:** polimer yang tersusun dari monomer  $\alpha$ -glukosa. Amilopektin merupakan molekul penyusun pati bersama-sama dengan amilosa. Secara struktural, amilopektin terbentuk dari rantai glukosa yang terikat dengan ikatan 1,6-glikosidik dan cabang-cabang dengan ikatan 1,4-glikosidik.

**Amilosa:** polimer yang tersusun dari glukosa sebagai monomernya. Tiap-tiap monomer terhubung dengan ikatan 1,6-glikosidik. Amilosa merupakan polimer tidak bercabang yang bersama-sama dengan amilopektin menjadi komponen penyusun pati.

**Anakan sagu:** Tanaman sagu muda yang belum membentuk batang, tetapi telah memiliki cadangan makanan berbentuk L dengan berat sekitar 2-5 kg.

**Bahan tanaman:** Bagian dari tanaman berupa anakan yang dapat dijadikan benih.

**Bakteri metanogen:** bakteri penghasil gas metan. Bakteri ini dijumpai pada berbagai jenis kotoran hewan antara lain kotoran sapi.

**Benih sagu:** Merupakan bahan tanaman berupa anakan sagu.

**Bibit sagu:** Anakan sagu yang telah siap tanam setelah disemai pada air mengalir menggunakan rakit selama 2-3 bulan.

**Binder:** pati yang sudah tergelatinisasi dan berfungsi sebagai bahan pengikat untuk proses pembuatan produk berbahan pati.

**Biodegradable plastic:** plastik yang dapat didekomposisi mikroba

**Bioetanol:** Etanol yang diproduksi dari biomassa, terutama dari karbohidrat.

**Biogas:** gas metan ( $\text{CH}_4$ ), yang dapat digunakan sebagai bahan bakar.

**Blok rumpun sagu:** Sekumpulan rumpun sagu yang tumbuh pada satu hamparan dengan luasan tertentu.

**Dehidrasi etanol:** Proses pengikatan molekul air oleh hidrat, agar diperoleh etanol berkadar air yang sangat rendah.

**Dehidrator:** Alat berupa kolom yang berfungsi melaksanakan proses dehidrasi.

**Destilasi etanol:** Proses kondensasi uap etanol menjadi etanol cair dengan pendinginan melalui kontak tidak langsung pada pengaliran air.

**Destilat etanol:** Cairan etanol yang diperoleh dari proses destilasi.

**Destilator:** Alat berupa kolom yang berfungsi melaksanakan proses destilasi.

**Digester:** Wadah penampung bahan organik dari kotoran hewan, seperti kotoran sapi untuk diproses menghasilkan biogas.

**Edible coating/film:** kemasan yang dapat dimakan dan berfungsi sebagai pelapis (*coating*) dan yang berbentuk lembaran (*film*).

**Eksplan:** bagian kecil jaringan atau organ tanaman yang dipisahkan dari tanaman induk dan dipergunakan sebagai bahan awal untuk memperbanyak tanaman melalui kultur jaringan.

**Ekstruder:** alat untuk melakukan proses ekstrusi meliputi proses pencampuran bahan, pemasakan, dan pencetakan.

**Embrio somatik:** embrio hasil regenerasi sel-sel somatik yang pembentukannya melalui dua jalur, yaitu langsung maupun tidak langsung melalui fase kalus dan berpotensi menjadi satu individu baru. Embrio somatik

dicirikan dengan strukturnya yang bipolar, yaitu mempunyai dua calon meristem, meristem akar dan meristem tunas.

**Embrio zigotik:** embrio hasil ferilitasi antara gamet jantan dan betina.

**Etanol:** Etanol atau etil alkohol dan secara komersial populer disebut alkohol adalah zat kimia organik berwarna jernih, berbau khas, mudah terbakar, dapat diproduksi dari biomassa dan fraksi minyak bumi.

**Evaporator:** Tangki penguapan dari campuran bahan cairan.

**Fermentasi:** Proses perubahan gula sederhana (glukosa, fruktosa) menjadi alkohol dan senyawa lain dengan bantuan ragi atau enzim.

**Genetik:** Studi tentang gen melalui variasinya dan pewarisan sifat tersebut pada keturunannya.

**Glukoamilase:** enzim yang memotong ikatan alfa-1,4 glikosidik pada molekul pati. Enzim ini juga dapat memecah ikatan alfa-1,6 glikosidik tetapi pada frekuensi yang lebih rendah. Hasil utama pemecahannya adalah glukosa.

**Handrefractometer:** Alat pengukur kadar gula yang praktis digunakan di lapang, dalam satuan °Brix.

**Hidrat:** Senyawa padat berupa kristal yang mempunyai sifat menyerap molekul air.

**Jenis:** Perbedaan tanaman secara genetic baik dalam satu spesies maupun antar spesies.

**Keragaman:** Perbedaan karakter antar tetua dengan keturunannya, atau antar individu dalam satu jenis tanaman yang sama.

**Karakter:** Beberapa tanda individu dalam satu spesies sebagai perbedaan yang dapat diwariskan pada turunannya.

**Kilang:** Tempat pengolahan potongan batang sagu (tual) menjadi pati sagu dengan menggunakan tenagab mesin.

**Koleksi:** Kumpulan plasma nutfah tanaman yang memiliki keanekaragaman sifat karakter, untuk dikonservasi dan dimanfaatkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman.

**Lahan gambut:** lahan yang memiliki lapisan tanah kaya bahan organik (C-organik > 18%) dengan ketebalan 50 cm atau lebih.

**Lahan kritis:** lahan yang sangat tandus dan gundul dengan tingkat kesuburan yang sangat rendah, sehingga tidak dapat digunakan sebagai lahan pertanian.

**Lahan marginal:** Lahan yang kehilangan kemampuan untuk mendukung kegiatan fisiologis tumbuhan yang terjadi akibat proses pembentukan, kerusakan alam atau akibat aktivitas manusia, yang membutuhkan perlakuan lebih untuk kegiatan ekonomi.

**Lahan rawa:** lahan yang tergenang secara terus menerus akibat drainase buruk. Lahan rawa di bagi menjadi dua yaitu rawa lebak dan rawa pasang surut.

**Lahan rawa pasang surut:** lahan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

**Likuifikasi:** proses untuk memotong molekul pati menjadi molekul rantai pendek dengan menggunakan  $\alpha$ -amilase.

**Plasma nutfah:** Bahan tanaman dari berbagai jenis tanaman yang memiliki perbedaan karakter dan menjadi sumber genetic bagi pemuliaan tanaman.

**Pati resisten:** pati yang tidak tercerna dalam usus halus sehingga dapat terfermentasi pada usus besar. Pati resisten memiliki sifat fisiologis yang unik sehingga sering direkomendasikan penggunaannya dibandingkan dengan serat yang lainnya.

**Perbanyak klonal:** perbanyak benih dengan cara vegetatif yang berasal dari (satu) pohon induk.

**Plantlet:** tanaman kecil yang lengkap (memiliki batang, daun dan akar) hasil regenerasi kultur jaringan, termasuk kultur embrio.

**Plasma nutfah:** Bahan tanaman dari berbagai jenis tanaman yang memiliki perbedaan karakter dan menjadi sumber genetic bagi pemuliaan tanaman.

**Prebiotik:** pati/serat pangan yang tidak dapat dicerna usus, berfungsi sebagai suplemen untuk pertumbuhan dan

perkembangan mikroorganismenya baik dalam sistem pencernaan.

**Pullulanase:** enzim yang memotong ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik pada molekul pati.

**Rotary roaster:** alat penyangrai berbentuk silinder yang berputar dengan pemanas api atau dilengkapi mantel uap/air panas.

**Rumpun induk sagu:** Satu kluster tanaman sagu yang memiliki beberapa tingkatan tahap pertumbuhan, yaitu tanaman sagu yang telah memiliki batang, mulai membentuk batang, dan sampai pada anakan sagu serta fase stolon atau semai pada satu tempat tumbuh yang sama.

**Sakarifikasi:** proses untuk memecah hasil likuifikasi menjadi glukosa menggunakan glukoamilase dan pullulanase.

**Saringan molekuler:** Hidrat yang berupa kristal yang mempunyai ukuran 3 Å, berfungsi untuk mengikat molekul air pada proses dehidrasi. Untuk meningkatkan kadar etanol dari 90 % menjadi 99 % atau lebih.

**Stainless steel:** jenis besi untuk pipa atau pelat yang resisten karat.

**Stolon:** perpanjangan tunas yang tumbuh horizontal, sejajar dengan permukaan tanah (menjalar) yang merupakan organ perbanyakan vegetatif. Pada stolon terdapat ruas yang dapat mencapai 30 cm. pada ruas terdapat

tunas/pucuk aksilar yang berkembang menjadi anakan-anakan.

**Sucker:** fase pertumbuhan sagu dengan ciri morfologi utama mempunyai batang semu dengan tinggi 0.5-1.5 m dan umumnya menempel pada pohon induk tetapi telah mempunyai sistem perakaran sendiri.

**True-to-type:** bibit atau tanaman yang sama dengan induknya.

**Unggul:** Suatu sifat yang memiliki hasil lebih tinggi dibandingkan jenis yang lain.

**Varietas:** Jenis tanaman yang telah melalui pengujian genetik baik lapangan maupun laboratorium dan memiliki keunggulan dibandingkan varietas pembanding, serta telah memiliki deskripsi yang lengkap.

## INDEKS

### A

Akresi, 2, 11, 117, 119  
Alfa amilase, 82, 119  
Alkohol, 80, 85, 86, 119, 112  
Amilopektin, 68, 71, 119  
Amilosa, 47, 68, 71, 119  
Anakan sagu, 3, 13, 19, 23, 24 ,  
31, 37, 102, 125  
Asam lemak rantai medium, 52,  
53  
Asam laurat (C12), 50

### B

Bagea" Amurang, 61, 62  
Bahan tanaman, 4, 13, 15, 17, 18,  
19, 20, 22, 23, 25, 26, 111, 120,  
124,  
Baking powder, 51  
Benih sagu, 12, 21, 120  
Bibit sagu, 19, 20, 24, 29, 30, 120  
Bifidobacteria, 48  
Biodegradable plastic, 98, 114,  
120  
Bioetanol 12, 37, 80, 88, 109, 120  
Biogas, 95, 96, 97, 121  
Binder, 64, 44, 69, 120  
Binding material, 49  
By difference, 49

### C

Clostridia, 48  
Crackers, 49  
Cookies, 49

### D

Diabetes melitus, 66

Dispersi, 58, 98

Dehidrasi, 22, 83, 88, 92

Dehidrator, 81, 83, 84, 85, 86, 87,  
88,

Destilasi, 60, 61, 62, 63, 64, 65,  
66, 67, 68, 89, 90, 92, 94

Destilator, 81, 83, 84, 85, 86, 87,  
88, 89, 90, 91, 92, 93, 94,

Digester, 95, 96, 97

Drum Dryer, 59

### E

*Edible coating/film*, 98

Eksplan, 26, 121

Ekstruder, 67, 69, 121

Embrio somatik, 26

Embrio zigotik, 26

Escherichia coli, 48

Etanol, 80

*Ex situ*, 12

Evaporator, 88, 89, 90, 91, 92, 93,  
94, 109

### F

Fermentasi, 5, 71, 80, 82, 95, 96,  
97, 100, 101, 102, 103

### G

Glukoamilase, 70, 80

Gonore, 50

### H

Hidrofilik, 58

Hammer mill, 59

### I

Ingredien, 48

Indeks glikemik, 66

Indeks Pengembangan, 57

K

Koleksi sagu, 11

L

Lahan gambut, 14, 27, 32, 34, 35

Lahan rawa, 7, 28, 34

Likuifikasi, 70, 81, 82

M

Mesh, 58, 59

*Metroxylon rumphii*, 9, 11

N

Noodles, 47

P

Pati resisten, 48, 68, 71, 115

Perbanyak klonal, 26

Planlet, 26

Plasma nutfah, 2, 9, 11, 12

Prebiotik, 48, 71,

Pullulanase, 53

R

Resistant Starch, 48

*Rhynchophorus*, 74, 75, 77, 79

Rotary roaster, 68

S

Sagu Baruk, 3, 10, 11, 12, 15, 17, 19, 40, 41, 43, 44, 45

Sagu Bemban, 14

Sagu Duri, 13, 14, 18

Sagu instan, 58, 59, 60

Sagu Molat, 3, 11, 12, 13, 17, 40

Sagu Rondo, 42

Sagu Sangka, 14

Sagu Selatpanjang Meranti, 3, 12, 13, 14, 17, 18

Sagu Tuni, 9, 11

Sagu Yapay, 75

Sakarifikasi, 70, 82

Saringan molekuler, 84, 90, 92, 93, 94

Shortening, 49

Snack, 47

Stainless steel, 67, 84, 85

Stolon, 17, 23, 24

Sucker, 20, 22, 25

T

Tawas, 64

Tenderizing material, 49

U

Uji organoleptik, 52, 59

Ulat Sagu, 74, 75, 76, 77, 78, 79

V

Varietas, 2, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20

W

Wafer, 49

Whole wheat bread, 54

## BIODATA PENULIS



Dr. Ir. H. Muhammad Syakir, MS. Lahir tahun 1958. Mengawali pendidikan tingginya di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar pada Program Studi Agronomi, yang diselesaikan tahun 1982. Pendidikan S2 dan S3 ditempuh di Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat masing-masing selesai pada tahun 1990 dan 2005.

Sejak tahun 2008 sampai dengan sekarang menjabat sebagai Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Sebelumnya bertugas Kepala Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (sekarang Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat ) sejak 2006 sampai 2008). Sebelum jabatan tersebut, pernah menjabat sebagai Kepala Bidang Kerjasama dan Pendayagunaan Hasil Penelitian Puslitbang Perkebunan sejak 2005 hingga 2006, Kepala Seksi Pelayanan Teknis Balitro dari tahun 1995 sampai 2001. Menerima penghargaan Satya Lancana Karyasatya XX dari Presiden Republik Indonesia.

Berkaitan dengan kegiatan pertanian, turut berkontribusi aktif dalam organisasi internasional, antara lain, menjadi anggota delegasi RI pada The G 20 Conference on Agriculture Research for Developmnet Promoting Science Partnership Food Security di Perancis tahun 2011; sebagai delegasi RI untuk mengikuti International Conference on Biofuel serta kunjungan ke Embrapa Brazilia; mengikuti Scientific Exchange dalam rangka Agrowisata di Singapura tahun 2007; dan pertemuan tentang Aromatik dan Rempah di Serawak Malaysia tahun 2006.

Publikasi karya ilmiah dan hasil penelitian yang telah diterbitkan dalam bahasa Indonesia maupun Inggris pada jurnal ilmiah, majalah, semi ilmiah, surat kabar dan prosiding baik di dalam negeri maupun luar negeri. Disamping itu juga aktif sebagai pembicara pada

workshop, seminar dan simposium baik berskala Nasional maupun Internasional.



**Prof. Dr. Hengky Novianto**, dilahirkan di Manado, Sulawesi Utara, pada tanggal 24 Februari 1955. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado tahun 1982, di bidang Agronomi. Memperoleh Gelar Magister Sains tahun 1987 dan Gelar Doktor tahun 1994 di bidang ilmu Pemuliaan Tanaman pada Program Pascasarjana IPB Bogor. Pada tanggal 4 Juni 2009, Pengukuhan Profesor Riset Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dengan Judul: “Perakitan Kelapa Unggul Melalui Teknik Molekuler Dan Implikasinya Terhadap Peremajaan Kelapa Di Indonesia.”

Karier sebagai peneliti dimulai sejak tahun 1982 pada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian sebagai Pemulia Kelapa pada Balai Penelitian Kelapa. Diangkat pertama kalinya sebagai pejabat fungsional peneliti pada tanggal 1 Februari 1986 dengan jabatan Asisten Peneliti Muda, bidang Pemuliaan Tanaman. Pada tahun 1989 menduduki jabatan Ajun Peneliti Muda, tahun 1991 sebagai Ajun Peneliti Madya, tahun 1993 sebagai Peneliti Muda dan tahun 1995 menjadi Peneliti Madya. Selanjutnya, Ahli Peneliti Muda diperoleh tahun 1998 dan Ahli Peneliti Madya tahun 2001. Sejak tanggal 1 Juli 2004, jabatan Ahli Peneliti Utama ditetapkan oleh Presiden RI, pada tanggal 5 September 2005, dan sejak April 2007 mencapai golongan tertinggi IV/e.

Ia dipercayakan sebagai kepala Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma lain (Balitka), Manado sejak 5 Oktober 2002 hingga 11 Nopember 2008. Sebelumnya pernah menjabat sebagai: Kepala Kebun Percobaan Paniki yang memproduksi benih kelapa hibrida tahun 1984. Kemudian tahun 1987 dipercayakan lagi sebagai Kepala Kebun Percobaan Kima Atas, dikhususkan untuk lokasi penelitian Pemuliaan Kelapa. Pada tahun 1994 dipercayakan sebagai

Pemimpin Program Penelitian Palma Lain. Selain itu, sejak tahun 1996 diangkat sebagai Ketua Kelti Plasma Nutfah dan Pemuliaan. Pada tahun 1998 ditunjuk sebagai Pemimpin Program Penelitian Kelapa.

Pengalaman kerja sama penelitian dengan berbagai institusi luar negeri di antaranya adalah dengan *the International Coconut Genetic Resources Network (COGENT)*, sejak tahun 1996 - 1999 sebagai *project leader* pada kegiatan: *Exploration and Collection of Coconut Germplasm*. Lalu tahun 2000 – 2005 pada kegiatan: *Poverty Reduction in Coconut Growing Communities*. Kerja sama lain, yaitu dengan ACIAR pada tahun 2004 – 2006 tentang: *Coconut Tissue Culture*. Kemudian dengan ACIAR juga tentang: *Improving Resources Use Efficiency in the Coconut Industry of North Sulawesi and Its National Implication*, tahun 2004 – 2006. Sejak tahun 1998 sampai kini ditunjuk sebagai *Project Leader* pada kegiatan *the International Coconut Genebank for Southeast and East Asia (ICG-SEA)*, dan sebagai *Country Coordinator* Indonesia untuk *COGENT- Biodiversity International*, sejak tahun 1994 – 2009.

Ia telah banyak memberikan kontribusi dalam bidang penelitian dan manajemen penelitian selama 32 tahun berkarier pada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Selama di Balai Penelitian Tanaman Palma telah berhasil mengembangkan dan melepas lebih dari 20 varietas/hibrida produksi tinggi dan komponen teknologi lain. Ia telah mempublikasikan lebih dari 130 artikel ilmiah yang diterbitkan dalam jurnal, proceeding dan buku pemuliaan kelapa di Indonesia.



**Ir. Abner Lay, MS** dilahirkan di Manado, 22 April 1953. Lulus Sarjana Sarjana Pertanian (S1) pada Fak. Pertanian Unsrat Manado, Jurusan Teknologi Hasil dan Mekanisasi (1982), dan S2 pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian IPB (1993). Mengawali tugas sebagai Manager/ Kepala Unit Pengembangan Kelapa Kecamatan

Rainis Kabupaten Sangihe-Talaud Sulawesi Utara (1976-1978) dan Staf Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Palma (1978-1982), Penyuluh Pertanian Spesialis (PPS) Sulut (1982-1983). Kepala Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kab. Sangihe-Talaud Sulawesi Utara (1984-1987).

Tahun 1987 sampai sekarang sebagai Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Palma, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, juga mengikuti kerja sama penelitian dengan BPP-Teknologi (1998-2000) dan BPP-Mekanisasi Pertanian (1996-2012). Tahun 2010 sebagai Peneliti Utama Bidang Teknologi Pascapanen. Selaku peneliti dihasilkan, antara lain: Teknik proses VCO metode pemanasan bertahap, alat pengolahan sagu mekanis sistem terpadu (Paten tahun 2002), dan beberapa alat pengolahan kelapa/palma. Bersama tim/sendiri telah mempublikasi tulisan dalam Prosiding, Jurnal, Buletin dan Buku sekitar 65 buah.

Memperoleh Penghargaan Peneliti/Perekayasa Alat/Mesin Pertanian Terbaik dari BBP-Mekanisasi Pertanian Serpong (1998), Peneliti Berprestasi dari Menteri Pertanian RI (1998), Ketahanan Pangan Tingkat Nasional dari Presiden RI (2010), dan Satyalancana Karya Satya XXX Tahun dari Presiden RI (2013). Menikah dengan Ritha E. Pandean dan dikaruniai dua orang putri; dr. Eunike Lay dan Manya Lay, BMLS.



**Ir. Nurhaini Mashud, MS** lahir di Tondano, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, pada tanggal 10 Juni 1953. Ia sekolah di SD, SMP dan SMA Negeri Tondano. Setelah lulus SMA, ia melanjutkan studi di Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado. Pada tahun 1981 memperoleh gelar Sarjana SI jurusan Agronomi. Pada tahun 1988 memperoleh gelar Magister Sains di Fakultas Pascasarjana IPB, Bogor jurusan Fisiologi Tanaman

Karirnya dimulai dari staf peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Industri Manado pada tahun 1982, Asisten Peneliti Madya Budidaya Tanaman tahun 1989 di Balai Penelitian Tanaman Kelapa (Balitka), Ajun Peneliti Muda tahun 1990, Ajun Peneliti Madya tahun 1993, Peneliti Muda tahun 1995, Peneliti Madya tahun 2000, Ahli Peneliti Muda tahun 2004 dan Peneliti Utama tahun 2010. Ketua Kelti Agroindustri tahun 1990-1992, Ketua Kelti Fisiologi tahun 1995-1997, Ketua Kelti Ekofisiologi tahun 1998-2001 dan 2010-2012., Kepala Laboratorium Bioteknologi tahun 2000-2001, Pemimpin Program Kelapa tahun 2003, Pemimpin Program Palma tahun 2006-2010, Ketua Dewan Redaksi Terbitan Khusus tahun 2005-2008 dan 2010, serta Dewan Redaksi Buletin Palma tahun 2005 hingga sekarang

Ia menulis karya tulis ilmiah tentang budidaya kelapa, aren dan sagu, kultur embrio kelapa termasuk kelapa kenari dan kelapa kopyor, serta kultur jaringan sagu. Tulisannya dimuat di Buletin, Prosiding dan Jurnal terbitan Dalam Negeri dan Luar Negeri.

Ia melakukan penelitian kerjasama dengan Luar Negeri, yaitu Coconut Genetic Resources Network (COGENT) tahun 1997-2002 dan Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) tahun 2003-2005. Sehubungan pelaksanaan penelitian ini, ia pernah mengikuti seminar dan workshop International di Filipina, Mexico dan Papua New Guinea (PNG).

Selain itu, memberikan pelatihan budidaya kelapa, aren dan sagu pada penyuluh dan kelompok tani dari beberapa provinsi, seperti Jawa Timur, Banten, Lampung, Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah, Papua Barat, Maluku Utara, Sulawesi Barat dan Sulawesi Utara.



**Rindengan Barlina**, lahir di Tinoor, Minahasa Sulawesi Utara, tanggal 14 Januari 1955. Setelah lulus dari SMA Kristen Tomohon, ia masuk Fakultas Pertanian-Universitas Sam Ratulangi (Unsrat)-Manado dan memperoleh gelar sarjana muda pada tahun 1979. Gelar sarjana S1 diraihnya tahun 1983 dari Fakultas Pertanian-Unsrat jurusan Teknologi Pengolahan Hasil.

Gelar magister sains diraih dari Fakultas Pascasarjana IPB Bogor, jurusan Ilmu Pangan pada tahun 1988.

Karir pekerjaannya dimulai dari staf peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Industri di Manado pada tahun 1983. Asisten Peneliti Madya tahun 1989 di Balai Penelitian Tanaman Kelapa (Balitka), Ajun Peneliti Madya tahun 1991, Peneliti Muda tahun 1996, Peneliti Madya bidang agroindustri tahun 2002, Ahli Peneliti Muda tahun 2005 dan Peneliti Utama tahun 2010. Tahun 1999-2004 menjadi Kepala Laboratorium Pengolahan Hasil dan Ketua Kelompok Peneliti Teknoekonomi Balitka Manado.

Disamping itu, ia memberikan pelatihan pengolahan berbagai produk dari kelapa, aren dan sagu kepada kelompok tani di beberapa propinsi: seperti: Lampung, Kalimantan Barat, Jawa Timur, Gorontalo, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Maluku Utara, dan Papua Barat, sejak tahun 2000-2014.

Ia pun banyak menulis karangan ilmiah tentang produk kelapa, aren, pinang dan sagu dan dimuat dalam berbagai jurnal, buletin dan majalah. Dalam keredaksian, ia pun pernah tergabung sebagai anggota dewan redaksi di beberapa publikasi ilmiah, yaitu Jurnal Penelitian Kelapa (1988), Buletin Balitka (1989-1990), Buletin Palma (2000-2008), dan Monograf Pascapanen Kelapa (2002-2004). Ia pun telah menulis buku yang berjudul Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) yang diterbitkan PT Penebar Swadaya pada tahun 2004. Pada tahun 2013, ia menerima penghargaan Satyalancana Karya Satya XXX TAHUN dari Presiden Republik Indonesia.



**Dr. Steivie Karouw, STP, MSc.**, lahir di Eris, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, pada tanggal 5 September 1972. Pada tahun 1995 memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Pada tahun 2008 memperoleh gelar Master of Science dan Doktor Ilmu Pangan pada tahun 2013 di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Selain pendidikan formal, ia telah mengikuti pelatihan yang terkait dengan bidang yang digeluti antara lain Training on Processing of Value-Added Coconut Product di Bangkok, Thailand (2012), Training Course on Cleaner Production Technology for Virgin Coconut oil (VCO) of Food Industry for Asean Countries (2008), Training Course on Technical Writing, Public Awareness, Seminar Presentation and Proposal Formulation (2006), Workshop Identifikasi Komponen Volatil Menggunakan Gas chromatography-Mass Spectrometry/GCMS (2014).

Karirnya dimulai dari staf peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain pada tahun 1998. Menggeluti penelitian bidang pasca panen sejak tahun 2000 sampai sekarang. Ia menulis karya tulis ilmiah tentang teknologi pasca panen kelapa, aren, sagu dan sawit. Tulisannya dimuat di Buletin, Prosiding, dan Jurnal terbitan Dalam Negeri dan Luar Negeri.

Pengalaman kerjasama penelitian yaitu pada Poverty Reduction Project kerjasama antara Balit Palma dan COGENT, anggota tim pada penelitian Lipida terstruktur dari minyak kelapa sebagai human milk fat analog melalui proses transesterifikasi enzimatis yang merupakan kerjasama antara Badan Litbang Pertanian dan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Terlibat aktif sebagai anggota Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dan menjadi konsultan pada industri kelapa parut kering PT. Global Coconut. Selain itu, memberikan pelatihan pasca panen kelapa, sagu dan aren pada penyuluh dan kelompok tani dari

beberapa provinsi, seperti Riau, Jawa Timur, Banten, Nusa Tenggara Timur, Jawa Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tengah, Papua Barat, Sumatera Utara, Jambi, Sumatera Barat, Maluku Utara dan Maluku.



**Dr. Meldy L. A. Hosang** di lahirkan di Liwutung, Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara pada tanggal 28 Agustus 1957. Pada tahun 1983 mendapat Gelar Sarjana Pertanian, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Pendidikan S2 Jurusan Entomologi ditempuh di Institut Pertanian Bogor tahun 1995 dengan gelar Magister Sains, sedangkan pendidikan Doktorat, Jurusan Entomologi-Fitopatologi ditempuh di Institut Pertanian Bogor dan memperoleh gelar Doktor pada tahun 2004. Selain pendidikan formal, mendapat kesempatan juga untuk mengikuti pelatihan-pelatihan yang erat kaitannya dengan bidang ilmu yang ditekuninya. Tahun 1986 mengikuti S.E. Asian Course on insect and Mite identification at National University of Malaysia, Bangi Selangor, Malaysia. Tahun 1988 mengikuti Insect Pathology Training at the Rangeland Insect Laboratory, Montana State University, Bozeman, Montana, Amerika Serikat. Tahun 2002 mengikuti Training in Biological Statistics and Ecology at Institute of Agroecology, University of Gottingen, Jerman yang merupakan bagian dari penyelesaian pendidikan Doktoratnya di IPB.

Pada tahun 1984, mulai berkarier sebagai peneliti di Balai Penelitian Tanaman Industri Manado, yang sekarang ini menjadi Balai Penelitian Tanaman Palma (Balit Palma). Tahun 1986 - 1992 sebagai Ketua Kelompok Peneliti Hama. Sejak 1995 – 1997 sebagai Ketua Kelompok Peneliti Entomologi. Pada 1997 - 1999 sebagai Ketua Kelompok Peneliti Hama dan Penyakit. Pada tahun 2004 sebagai Pemimpin Program Tanaman Kelapa, dan sejak Januari 2005 sampai sekarang dipercayakan sebagai Koordinator Program Penelitian.

Pada tahun 2012 dan 2013 sebagai Ketua Kelompok Peneliti Entomologi dan Fitopatologi.

Pada tahun 1985 diangkat sebagai Pegawai Negeri Sipil, kemudian diangkat sebagai Asisten Peneliti Madya pada Januari 1988. Pada 1991 sebagai Ajun Peneliti Muda, tahun 1992 sebagai Ajun Peneliti Madya, tahun 1994 sebagai Peneliti Muda, tahun 1997 sebagai Peneliti Madya, tahun 2000 diangkat sebagai Ahli Peneliti Muda dan pada tanggal 1 Agustus 2007 diangkat menjadi Peneliti Utama Bidang Hama dan Penyakit Tanaman. Pada Oktober 2012 mencapai Pembina Utama dengan golongan IV/e.

Pengalaman kerja sama penelitian dengan institusi dari luar negeri diantaranya: (1) Tahun 1987- 1990 sebagai counterpart pada UNDP/FAO Integrated Coconut Pest Control Project. (2) Tahun 2001-2004, melaksanakan penelitian Interactions Between Natural Enemies, Herbivores, and Cacao in Palolo Valley, Central Sulawesi, yang tergabung dalam STORMA (Stability of Rainforest Margins) Project di Sulawesi Tengah yang dibiayai oleh the Deutsche Forschungsgemeinschaft (SFB 552), Jerman. (3) Tahun 2003, melaksanakan penelitian Effect of Ant Communities on Cacao Pests and Diseases in Central Sulawesi, Indonesia kerja sama dengan the SUCCESS (Sustainable Cacao Extension Services for Smallholders) Project Sulawesi yang dibiayai oleh American Cacao Research Institute (ACRI). (4) Tahun 2004-2007 melaksanakan kegiatan CFC/DFID/APCC/FAO Project on Coconut Integrated Pest Management.

TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN  
PASCAPANEN  
**SAGU**

Sagu (*Metroxylon sagu*, Rottb.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Walaupun sagu belum dibudidayakan seperti halnya tanaman perkebunan lainnya, produktivitas sagu dapat ditingkatkan melalui sentuhan teknologi. Penerapan teknologi yang tepat dan lebih baik, seperti: penggunaan varietas sagu unggul, budi daya sagu yang baik mulai dari penyediaan bahan tanaman, persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, rehabilitasi hamparan hutan sagu, panen dan pengolahan hasil dapat berpotensi untuk meningkatkan produktivitasnya menjadi 15-20 ton/ha. Dari sagu ini juga dapat diperoleh produk energi terbarukan yaitu etanol dan biogas, serta produk-produk lainnya seperti *biodegradable plastic*, pupuk organik, dan herbisida organik. Buku ini menyajikan teknologi budi daya, panen, dan pascapanen.

TEKNOLOGI DAN BUDI DAYA PASCAPANEN SAGU



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540  
Telp. 021-7806202, Faks. 021-7800644

ISBN 978-602-344-014-6



9 786023 440146