



FRAKSINASI KERING UNTUK MENINGKATKAN RENDEMEN PATI SAGU DAN PEMANFAATAN PRODUK UNTUK ETANOL DAN ANTIOKSIDAN

ABDURACHMAN



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCA SARJANA
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Fraksinasi Kering untuk Meningkatkan Rendemen Pati Sagu dan Pemanfaatan Produk untuk Etanol dan Antioksidan.” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Abduracman
F3601211021

RINGKASAN

ABDURACHMAN, Fraksinasi Kering untuk Meningkatkan Rendemen Pati Sagu dan Pemanfaatan Produk untuk Etanol dan Antioksidan. Dibimbing oleh ERLIZA NOOR, TITI CANDRA SUNARTI, TAJUDDIN BANTACUT.

Sagu (*Metroxylon sagu*) merupakan tanaman penghasil karbohidrat berproduktivitas tinggi, tetapi pemanfaatannya di kawasan Asia dan Pasifik masih belum optimal. Pengolahan pati sagu umumnya masih dilakukan melalui ekstraksi basah yang sangat bergantung pada air, sehingga kurang efisien dan berpotensi menimbulkan masalah lingkungan. Fraksinasi kering menggunakan *attrition mill-classifier* menjadi pendekatan yang prospektif karena dapat mengurangi penggunaan air, meningkatkan perolehan pati, mempertahankan struktur granula pati, serta menjaga komponen bioaktif dan antioksidan. Penelitian ini bertujuan 1) menentukan efektivitas fraksinasi kering empulur sagu terbaik berdasarkan posisi batang secara vertikal (atas, tengah, dan bawah) serta usia panen (10, 12, dan 13 tahun) pada varietas Molat.; 2) Karakteristik produk tepung sagu kaya pati yang berbeda densitasnya; 3) mengoptimalkan pemanfaatan pati sagu berdensitas rendah sebagai substrat produksi etanol gravitasi tinggi; dan 4) Mengoptimalkan ekstraksi senyawa bioaktif dari koproduk menggunakan *ultrasound*.

Fraksinasi kering empulur sagu memisahkan fraksi parenkima dari vascular bundle dan kemudian memisahkan fraksi parenkima dengan *attrition mill-classifier* menjadi dua jenis produk (fraksi kaya pati densitas rendah (*FKP-DR*), fraksi kaya pati densitas tinggi (*FKP-DT*)) dan koproduk (fraksi kaya serat parenkima (*FKSP*), kemudian mengklasifikasi ukuran *FKP-DR* menjadi tepung sagu kaya pati densitas rendah (*TSKP-DR*) dan *FKP-DT* menjadi tepung sagu kaya pati densitas tinggi (*TSKP-DT*). Parameter efektivitas fraksinasi disetiap tahap adalah : rendemen, rekoverti pati, dan *shift starch*. Fraksi-fraksi yang dihasilkan dari efektivitas terbaik merupakan representasi produk fraksinasi kering empulur sagu dan digunakan untuk pengamatan selanjutnya. Karakteristik *TSKP-DT* dan *TSKP-DR* berdasarkan sifat fisikokimia, yaitu : distribusi granula pati, densitas kamba, spektrum FTIR, kadar pati, kadar serat, dan kandungan mineral; dan sifat fungsional, yaitu: sifat pasta, kemampuan mengikat air dan minyak, kelarutan, dan daya mengembang, yang digunakan digunakan untuk menilai mutu dan potensi pemanfaatannya. Optimalisasi pemanfaatan *FKP-DR* sebagai substrat fermentasi etanol gravitasi tinggi dengan variasi pengamatan: suhu likuifikasi (hot temperature cooking (HTC) dan low temperature cooking (LTC)); strategi sakarifikasi dan fermentasi (parsial sakarifikasi dan fermentasi (part-SF) dan sakarifikasi dan fermentasi simultan (SSF)); dan kadar gula reduksi (180, 220, dan 240 g/kg) dengan respon rendemen teoritis dan produktivitas etanol. Terakhir optimalisasi *ekstraksi senyawa bioaktif serta aktivitas antioksidan* dari FKSP menggunakan *ultrasound-assisted extraction* (UAE) dengan variasi solid loading, konsentrasi etanol dalam air, dan waktu ekstraksi untuk mendapatkan kandungan fenol, flavonoid, serta aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP) maksimal. Penentuan tiga level dari masing-masing faktor menggunakan desain percobaan *Orthogonal Array L-9* dari metode *Taguchi*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dan kondisi optimum ditetapkan dengan desain percobaan *Box-Behnken* dari *Response Surface Method* (RSM).

Hasil penelitian mengidentifikasi empulur batang bagian tengah pada usia 12 tahun sebagai kelompok dengan efektivitas fraksinasi kering terbaik. Pada tahap *attrition mill-classifier*, fraksi kaya pati densitas rendah (*FKP-DR*) dan fraksi kaya pati densitas tinggi (*FKP-DT*) menghasilkan rendemen masing-masing 44,72% dan 38,20%, rekoverti pati 47,83% dan 39,28%, serta *shift starch* 3,11% dan 1,08%. Sementara itu, pada tahap klasifikasi ukuran, tepung sagu kaya pati densitas rendah (*TSKP-DR*) dan tepung sagu kaya pati densitas tinggi (*TSKP-DT*) menghasilkan rendemen masing-masing 43,22% dan 21,19%, rekoverti pati 46,38% dan 23,77%, serta *shift starch* 3,16% dan 2,58%. Hasil karakteristik tepung sagu kaya pati yang berbeda densitasnya menunjukkan bahwa *TSKP-DR* lebih sesuai untuk aplikasi berbasis hidrolisis pati, khususnya sebagai bahan baku produksi etanol, sedangkan *TSKP-DT* lebih sesuai untuk pangan olahan tradisional yang dipanggang. Pemanfaatan *FKP-DR* untuk produksi etanol pada kondisi gravitasi tinggi memberikan hasil optimum pada likuifikasi suhu rendah 80°C, sakarifikasi dan fermentasi simultan, serta kadar gula reduksi total 220 g/kg. Pada kondisi tersebut, produktivitas etanol dan rendemen teoritis yang dihasilkan masing-masing mencapai $1,138 \pm 0,01$ g/L/jam dan $89,10 \pm 0,50\%$ untuk Hakken No. 1, serta $1,12 \pm 0,01$ g/L/jam dan $87,89 \pm 0,44\%$ untuk Watei. Selain itu, optimasi ekstraksi senyawa bioaktif dari *FKSP* menggunakan UAE menghasilkan kondisi terbaik dengan nilai desirabilitas 0,782 pada jumlah bahan yang diekstraksi 0,5%, kadar etanol sebagai kosolven 17,91%, dan waktu ekstraksi 31,63 menit. Kondisi tersebut diprediksi menghasilkan rekoverti fenol 0,869 mg GAE/g, flavonoid 0,671 mg QE/g, serta aktivitas antioksidan DPPH 1,208 mg AAE/g dan FRAP 0,751 mg AAE/g.

Dengan demikian, fraksinasi kering empulur sagu dengan *attrition mill-classifier* dapat menghasilkan tiga fraksi produk untuk pemanfaatan pada pangan, etanol, dan senyawa bioaktif. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi fraksinasi kering dapat direkomendasikan sebagai strategi pengolahan batang sagu yang lebih efisien, bernilai tambah, dan mendukung pengembangan biorefineri berbasis sagu.

Kata kunci: *attrition mill-classifier*, fermentasi gravitasi tinggi, fraksi kaya pati densitas rendah, tepung sagu kaya pati, ekstraksi dengan bantuan ultrasonik

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

ABDURACHMAN, Dry Fractionation to Increase Sago Starch Yield and Product Utilization for Ethanol and Antioxidants. Supervised by ERLIZA NOOR, TITI CANDRA SUNARTI, and TAJUDDIN BANTACUT.

Sago (*Metroxylon sagu*) is a high-carbohydrate-producing plant; however, its use in the Asia-Pacific region remains limited. Sago starch is generally processed using wet extraction, which heavily depends on water, making it inefficient and potentially environmentally problematic. Dry fractionation using an *attrition mill-classifier* is a promising approach because it reduces water consumption, increases starch yield, preserves granule structure, and maintains bioactive and antioxidant components. This study aimed to: (1) determine the most effective dry fractionation method for sago pith in the Molat variety based on vertical trunk position (top, middle, and bottom) and harvest age (10, 12, and 13 years); (2) characterize the starch-rich flour products with different densities; (3) optimize the utilization of low-density sago starch as a substrate for high-gravity ethanol production; and (4) optimize the extraction of bioactive compounds from coproducts using ultrasound.

Dry fractionation of sago pith separates the parenchyma from the vascular bundle and then processes it with an attrition mill-classifier into two products (low-density starch-rich fraction, FKP-DR, and high-density starch-rich fraction, FKP-DT) and a coproduct (parenchyma fiber fraction, FKSP). FKP-DR is also classified as a low-density starch flour (TSKP-DR) and FKP-DT as a high-density starch flour (TSKP-DT). The effectiveness of fractionation was evaluated at each stage using yield, starch recovery, and shift starch. The fractions with the best effectiveness were used as representative products for further analysis. To assess their quality and potential applications, the physicochemical properties (granule size distribution, tapped density, Fourier transform infrared spectra, starch content, fiber content, and mineral content) and functional properties (pasting characteristics, water and oil absorption capacity, solubility, and swelling power) of TSKP-DT and TSKP-DR were characterized. FKP-DR was optimized as a substrate for high-gravity ethanol fermentation by varying liquefaction conditions (hot-temperature cooking, HTC, and low-temperature cooking, LTC), saccharification and fermentation strategies (part-SF and SSF), and total reducing sugar content (180, 220, and 240 g/kg), with responses including theoretical yield and ethanol productivity. Finally, bioactive compound extraction and antioxidant activity from FKSP were optimized using ultrasound-assisted extraction by varying solid loading, ethanol concentration in water, and extraction time to maximize phenolic content, flavonoid content, and antioxidant activity (DPPH and FRAP). The three levels of each factor were determined using a Taguchi L9 orthogonal array design, and the optimal conditions were determined using the RSM's Box – Behnken design.

The results identified the middle portion of the stem at 12 years of age as the group with the highest dry fractionation effectiveness. At the attrition mill-classifier stage, the low-density starch-rich fraction (FKP-DR) and high-density starch-rich fraction (FKP-DT) yielded 44.72% and 38.20% yield, 47.83% and 39.28% starch

recovery, and 3.11% and 1.08% shift starch, respectively. At the size classification stage, TSKP-DR and TSKP-DT yielded 43.22% and 21.19% yield, 46.38% and 23.77% starch recovery, and 3.16% and 2.58% shift starch, respectively. Characterization of starch-rich flour with different densities showed that TSKP-DR is more suitable for starch hydrolysis applications, particularly as a substrate for ethanol production, whereas TSKP-DT is more suitable for traditional baked foods. Utilization of FKP-DR for high-gravity ethanol production achieved optimal results at low-temperature liquefaction (80°C), simultaneous saccharification and fermentation, and total reducing sugar of 220 g/kg, resulting in ethanol productivity and theoretical yields of 1.138 ± 0.01 g/L/h and $89.10 \pm 0.50\%$ for Hakken No. 1, and 1.12 ± 0.01 g/L/h and $87.89 \pm 0.44\%$ for Watei. In addition, the optimization of bioactive compound extraction from FKSP using UAE produced the best desirability (0.782) at 0.5% solid loading, 17.91% ethanol co-solvent concentration, and 31.63 min extraction time. These conditions are predicted to yield .869 mg GAE/g TPC, 0.671 mg QE/g TFC, 1.208 mg AAE/g DPPH antioxidant activity, and 0.751 mg AAE/g FRAP.

In conclusion, the dry fractionation of sago pith using an attrition mill-classifier can produce three fractions suitable for food, ethanol, and bioactive compounds. This study's implications indicate that dry fractionation technology can be recommended as a strategy for more efficient, value-added, and sustainable sago stem processing for biorefinery development.

Keywords: attrition mill-classifier, high gravity fermentation, low density starch rich fraction, starch rich sago flour, ultrasound assisted extraction.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



FRAKSINASI KERING UNTUK MENINGKATKAN RENDEMEN PATI SAGU DAN PEMANFAATAN PRODUK UNTUK ETANOL DAN ANTIOKSIDAN

ABDURACHMAN

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Indah Yuliasih, STP., M.Si
(Departemen Teknologi Industri Pertanian, FTT IPB)
2. Dr. Aton Yulianto, M.Eng. IPU
(Perekayasa Utama, Pusat Riset Teknologi Proses – BRIN)

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Indah Yuliasih, STP., M.Si
(Departemen Teknologi Industri Pertanian, FTT IPB)
2. Dr. Aton Yulianto, M.Eng. IPU
(Perekayasa Utama, Pusat Riset Teknologi Proses – BRIN)



Judul Disertasi : FRAKSINASI KERING UNTUK MENINGKATKAN
RENDEMEN PATI SAGU DAN PEMANFAATAN
PRODUK UNTUK ETANOL DAN ANTIOKSIDAN

Nama : Abdurachman
NIM : F3601211021

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Erliza Noor

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Titi Candra Sunarti, M.Si.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Tajuddin Bantacut, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Magister dan Doktor Teknik
Industri Pertanian

Prof. Dr. Ir. Suprihatin
NIP. 196312211990031002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi :

Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.A
NIP. 196105021986031002

Tanggal Ujian:
20 Mei 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2022 sampai bulan Mei 2026 ini ialah teknologi pengolahan batang sagu dengan metode fraksinasi kering, dengan judul “Fraksinasi Kering Untuk Meningkatkan Rendemen Pati Sagu dan Pemanfaatan Produk untuk Etanol dan Antioksidan”.

Penulis ucapkan penghargaan setinggi-tingginya dengan do'a semoga kebaikan yang telah diberikan dibalas secara sempurna oleh Allah SWT:

1. Prof. Dr. Ir. Erliza Noor sebagai ketua komisi pembimbing, Prof. Dr. Ir. Titi Candra Sunarti, M.Si., Prof. Dr. Ir. Tajuddin Bantacut, M.Sc., dan Alm. Prof Riset Dr. Agus Eko Tjahjono, M.Eng sebagai anggota komisi pembimbing, atas kesabaran dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, saran, dan dukungan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, MS dan Prof. Dr. Taufik , S.TP, M.Si sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri Pertanian, seluruh dosen Teknik Industri Pertanian IPB atas segala ilmu dan bimbingan yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa, serta seluruh staf untuk semua bantuan yang diberikan kepada penulis selama melaksanakan studi.
3. Seluruh rekan-rekan periset di lingkungan Pusat Riset Agroindustri, Pusat Riset Teknologi Proses, khususnya di Kawasan Stasiun Lapangan Kebun Percobaan BRIN Anak Tuha, Lampung Tengah dan LABTIAP di Kawasan Sains dan Teknologi B.J. Habibie Serpong, Tangerang Selatan.
4. Prof. Riset Dr. Aton Yulianto, S.Si, M.T sebagai Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan BPPT, yang telah memberikan kesempatan saya menempuh studi S3 melalui jalur Degree By Research – BPPT pada tahun 2021.
5. Rektor IPB, Dekan SPs IPB beserta jajarannya atas kesempatan yang diberikan penulis untuk melanjutkan studi Program Doktor di IPB.
6. Seluruh teman-teman pada Program Studi Teknik Industri Pertanian IPB, khususnya angkatan 2021 hingga 2024, terimakasih atas bantuan, dukungan dan kerjasamanya.
7. Ungkapan terimakasih tak terhingga disampaikan kepada kedua orang tua, istri beserta ketiga putra/putri serta seluruh keluarga besar, atas segala doa dan dukungannya.

Penulisan disertasi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala masukan dan saran untuk kebaikan naskah ini kami terima dengan senang hati. Semoga secul karya ilmiah ini dapat kami amalkan dalam tugas sebagai periset dan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa yang akan datang.

Bogor, Juni 2026

Abdurachman

DAFTAR ISI

RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xviii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR SINGKATAN	xxiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (novelty)	4
1.7 Hipotesis	5
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pohon Sagu	7
2.2 Pengolahan Batang Sagu	8
2.3 Fraksinasi Kering	10
2.4 Karakteristik Tepung Sagu Kaya Pati yang berbeda densitasnya	13
2.5 Produksi Etanol Menggunakan Pati Sagu	14
2.6 Potensi Antioksidan	17
2.7 Optimasi ekstraksi senyawa bioaktif	19
III METODE	21
3.1 Kerangka Pemikiran	21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.3 Alat dan Bahan	28
3.4 Tahapan Penelitian	29
IV EFEKTIVITAS FRAKSINASI KERING BATANG SAGU	32
4.1 Pendahuluan	32
4.2 Bahan dan Metode	33
4.3 Hasil dan Pembahasan	37
4.4 Simpulan	49
V KARAKTERITIK TEPUNG SAGU KAYA PATI BERDENSITAS RENDAH DAN BERDENSITAS TINGGI	50
5.1 Pendahuluan	50
5.2 Bahan dan Metode	51
5.3 Hasil dan Pembahasan	55
5.4 Simpulan	69



VI	PRODUKSI ETANOL DARI FRAKSI KAYA PATI DENSITAS RENDAH PADA KONDISI GRAVITASI TINGGI	70
6.1	Pendahuluan	70
6.2	Bahan dan Metode	71
6.3	Hasil dan Pembahasan	76
6.4	Simpulan	82
VII	EKSTRAKSI SENYAWA BIOAKTIF DAN ANTIOKSIDAN DARI FRAKSI KAYA SERAT PARENKIMA	83
7.1	Pendahuluan	83
7.2	Bahan dan Metode	83
7.3	Hasil dan Pembahasan	87
7.4	Simpulan	100
VIII	PEMBAHASAN UMUM	101
IX	SIMPULAN UMUM DAN SARAN	103
9.1	Simpulan Umum	103
9.2	Saran	104
	DAFTAR PUSTAKA	105
	LAMPIRAN	129
	RIWAYAT HIDUP	134

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Pengkajian Proses Ekstraksi Pati Sagu	10
2	Pemanfaatan metode fraksinasi kering untuk fraksinasi tanaman pangan berpati	12
3	Karakteristik Pati Sagu dari Ekstraksi Basah.	14
4	Pemanfaatan Pati Sagu sebagai Substrat untuk Produksi Etanol	16
5	Potensi antioksidan batang sagu.	19
6	Karakteristik Batang Sagu usia 10 tahun	39
7	Karakteristik Batang Sagu usia 12 tahun	39
8	Karakteristik Batang Sagu usia 13 tahun	40
9	Kadar pati (<i>KP</i>) di bahan baku dan/atau fraksi yang diamati di tiap tahap fraksinasi kering untuk batang sagu berusia 10 tahun.	41
10	Kadar pati (<i>KP</i>) di bahan baku dan/atau fraksi yang diamati di tiap tahap fraksinasi kering untuk batang sagu berusia 12 tahun.	42
11	Kadar pati (<i>KP</i>) di bahan baku dan/atau fraksi yang diamati di tiap tahap fraksinasi kering untuk batang sagu berusia 13 tahun.	43
12	Hasil Analisa spektrum unsur-unsur menggunakan SEM-EDX dengan persentase massa atom dari unsur-unsur yang ada di titik spektrum yang berbeda.	57
13	Perbandingan sifat fisikokimia dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	59
14	Perbandingan sifat fungsional dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	64
15	Jumlah pengujian dan kombinasi level dari faktor pada analisa Fermentasi etanol Fraksi kaya Pati Densitas Rendah dengan OFAT.	76
16	Pengaturan variabel independen beserta nilai kode dan nilai aktualnya untuk Taguchi Array L9 (3^3) pada tiga percobaan.	86
17	Variabel Independen yang Dikodekan dan Nilai Rata-rata Respons untuk Array Ortogonal L9 (3^3) pada Tiga Tahap Pengujian	89
18	Nilai level dari variabel independen di Desain Box-Behnken dan hasil pengujiannya.	90
19	ANOVA untuk Model Kuadrat Respon Permukaan untuk ke empat respon	91
20	Analisa statistik untuk intersep, koefisien faktor individu dan interaksi antar faktor dari keempat model persamaan kuadrat untuk masing-masing respon	93
21	Respon ekstraksi optimum dan verifikasi untuk UAE dari tepung <i>FKSP</i>	99

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1	Tahapan dan Prosedur Penelitian	27
2	Ringkasan Tujuan Penelitian, Tahapan Penelitian, Rancangan Penelitian dan Prosedur Penelitian	31
3	Kelompok pengamatan berdasarkan usia dan bagian batang sagu berdasarkan ketinggiannya.	34
4	Skema Fraksinasi Kering Empulur Sagu dan Karakteristik Produk Tepung Sagu Kaya Pati.	35
5	Efektivitas Pemisahan Fraksi Parenkima dari Empulur Sagu dengan basis perhitungan empulur sagu terhadap Fraksi Parenkima.	44
6	Efektivitas <i>attrition mill-classifier</i> dari fraksi parenkima menjadi <i>FKP-DR</i> dan <i>FKP-DT</i> dengan basis perhitungan empulur terhadap <i>FKP-DR</i> dan <i>FKP-DT</i> .	46
7	Efektivitas klasifikasi ukuran dengan pori ayakan berukuran 230 mesh dari <i>FKP-DR</i> menjadi <i>TSKP-DR</i> dan <i>FKP-DT</i> menjadi <i>TSKP-DT</i> , dengan basis perhitungan empulur sagu terhadap <i>TSKP-DR</i> dan <i>TSKP-DT</i> .	48
8	Citra SEM untuk <i>TSKP-DR</i> (<i>Bar</i> = 100 μm) (A); dan <i>TSKP-DT</i> <i>Bar</i> = 50 μm) (B)	55
9	Citra SEM-EDX untuk identifikasi unsur-unsur dan titik deteksi unsur-unsur penyusunnya untuk <i>TSKP-DR</i> dengan <i>Bar</i> = 5 μm (A); dan <i>TSKP-DT</i> dengan <i>Bar</i> = 5 μm (B).	56
10	Citra dari Mikroskop Cahaya Terpolarisasi dan Kurva distribusi ukuran granula pati : <i>TSKP-DR</i> (A dan B) dan <i>TSKP-DT</i> (C dan D).	58
11	Spektra FTIR dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	62
12	Kurva viskositas dengan Rapid Visco Analyzer dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	63
13	Kemampuan Mengembang dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	66
14	Kelarutan dari <i>TSKP-DR</i> , <i>TSKP-DT</i> dan <i>PS</i> .	67
15	Pengaruh Peningkatan Kadar Serat pada Sifat Pasta dan Sifat Fungsional tepung sagu kaya pati.	68
16	Kondisi suhu dan waktu untuk tahap likuifikasi, sakarifikasi dan awal fermentasi untuk kombinasi faktor HTC dan Part-SF, HTC dan SSF, dan LTC dan SSF.	72
17	Profil penurunan berat media fermentasi terhadap waktu fermentasi pada interval 8 jam (A. Hakken No. 1 dan B. Watei).	77
18	Parameter dan Kinetika Fermentasi (Derajat sakrifikasi pH (akhir fermentasi), pH awal fermentasi, Rendemen Teoritis dan Produktivitas Etanol terhap dari A. Hakken No.1 dan B. Watei.	79
19	Grafik <i>Main Effects</i> untuk Perbandingan <i>Signal to Noise</i> : <i>Larger is Better</i> untuk TPC (A), TFC (B), DPPH (C), dan FRAP (D) pada Tiga Kode Level.	88
20	Grafik Model pengaruh X_1 (A), X_2 (B) dan X_3 (C) dan Grafik kontur permukaan 3D pengaruh interaksi X_2 dan X_3 (D) untuk respon TPC	95
21	Grafik Model pengaruh X_1 (A), dan X_2 (B) dan Grafik kontur permukaan 3D pengaruh interaksi X_1 dan X_2 (C) untuk respon TFC	96

22	Grafik Model pengaruh X_1 (A), X_2 (B) dan X_3 (C) untuk respon DPPH	98
23	Grafik Model pengaruh X_1 (A), dan X_2 (B) dan Grafik kontur permukaan 3D pengaruh interaksi X_1 dan X_2 (C) untuk respon FRAP	98

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





DAFTAR SINGKATAN

AAE	=	<i>Ascorbic Acid Equivalent</i>
AGD	=	<i>Above Ground Matter</i>
BPT	=	Berat Pati Teoritis
BU	=	<i>Brabender Unit</i>
CV	=	<i>Coefficient of Variance</i>
DD	=	<i>Degree of Double Helix</i>
DMS	=	<i>Damage Milling Starch</i>
DO	=	<i>Degree of Order</i>
DPPH	=	<i>2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl</i>
FP	=	Fraksi Parenkima
FdP	=	Fraksi Terjebak di Pipa
FKP-DR	=	Fraksi Kaya Pati Densitas Rendah (ukuran < 150 μm)
FKP-DT	=	Fraksi Kaya Pati Densitas Tinggi (ukuran < 250 μm)
FKSP	=	Fraksi Kaya Serat Parenkima
FRAP	=	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FTIR	=	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
FVB	=	Fraksi Vaskular Bundle
GAE	=	<i>Galic Acid Equivalent</i>
HG	=	<i>High Gravity Fermentation</i>
HTC	=	<i>High Temperature Cooking</i>
KA	=	Kadar Air
KP	=	Kadar Pati
LTC	=	<i>Low Temperature Cooking</i>
OHC	=	<i>Oil Holding Capacity</i>
Part-SF	=	<i>Partial Saccharification and Fermentation</i>
PLM	=	<i>Polarized Light Microscopy</i>
PS	=	Pati Sagu
QE	=	<i>Quaracetin Equivalent</i>
RSM	=	<i>Response Surface Methodology</i>
S	=	<i>Solubility</i>
SEM-EDX	=	<i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray</i>
SPW	=	<i>Sago Pith Waste</i>
SSF	=	<i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i>
SW	=	<i>Swelling Power</i>
TFC	=	<i>Total Flavonoid Content</i>
TPC	=	<i>Total Phenolic Content</i>
TRS	=	<i>Total Reducing Sugar</i>
TSKP-DR	=	Tepung Sagu Kaya Pati Densitas Rendah (ukuran < 63 μm)
TSKP-DT	=	Tepung Sagu Kaya Pati Densitas Tinggi (ukuran < 63 μm)
UAE	=	<i>ultrasound-assisted extraction</i>
VHG	=	<i>Very High Gravity Fermentation</i>
WHC	=	<i>Water Holding Capacity</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Siklus Hidup Pohon Sagu	129
Lampiran 2	Perbedaan <i>Simple Starch Grain</i> dari Sagu dengan <i>Compound Starch Grain</i>	130
Lampiran 3	Metabolisme Empulur Sagu pada Fase Berbunga/Berbuah dan Saat Tumbuhnya Tunas Baru.	131
Lampiran 4	Alur Proses Fraksinasi Kering Empulur Sagu	132
Lampiran 5	Fenomena di Dalam Ruang Penggiling Attrition Mill dan Siklon Separator	133

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.