

OPTIMASI EKSTRAKSI LANGSUNG GLUKOMANAN DARI UMBI PORANG SEGAR (*AMPHOPHALLUS MUELLERI* BLUME) MENGGUNAKAN VARIASI KONSENTRASI ISOPROPANOL DAN TEKNIK PENGGIILINGAN BERULANG

Maria Emelinda Oko

Politeknik St. Wilhelmus

e-mail: moko@psw.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan glukomanan berkualitas tinggi terus meningkat seiring berkembangnya pemanfaatannya pada industri pangan, farmasi, dan biomaterial. Meskipun demikian, upaya pemurnian glukomanan dari umbi porang masih umumnya berfokus pada optimasi satu tahapan proses, sehingga efektivitas integrasi antara perlakuan mekanis, jenis pelarut, dan sistem pengeringan belum banyak dievaluasi. Penelitian ini mengeksplorasi strategi ekstraksi langsung dari umbi porang segar melalui kombinasi variasi konsentrasi *isopropyl alcohol* (IPA), arak tradisional berkadar alkohol 44%, frekuensi penggilingan mekanis, dan pengeringan menggunakan *Solar Tunnel Dryer* (STD). Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial 4×3 dengan tiga ulangan, kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Interaksi antarperlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik fisik dan kimia tepung glukomanan. Perlakuan lima kali penggilingan dengan IPA 90% menghasilkan kadar glukomanan tertinggi sebesar 90,29% disertai penurunan kadar kalsium oksalat, protein, dan abu serta peningkatan tingkat kecerahan, sedangkan arak tradisional menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dengan kadar glukomanan mencapai 81,82%. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas pemurnian glukomanan lebih ditentukan oleh integrasi tahapan proses dibandingkan optimasi satu faktor secara terpisah. Pendekatan tersebut menawarkan alternatif teknologi pemurnian glukomanan yang memanfaatkan sumber daya lokal dengan potensi penerapan pada pengembangan industri pengolahan porang.

Kata kunci: Porang, Glukomanan, Ekstraksi Langsung, Isopropanol, Arak Tradisional

ABSTRACT

The demand for high-quality glucomannan has continued to increase due to its expanding applications in the food, pharmaceutical, and biomaterial industries. However, most glucomannan purification studies on porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) have focused on optimizing individual processing stages, while the integrated effects of mechanical treatment, solvent selection, and drying methods remain insufficiently explored. This study investigated a direct extraction approach for fresh porang tubers by combining different concentrations of *isopropyl alcohol* (IPA), 44% traditional distilled liquor, varying grinding frequencies, and drying using a *Solar Tunnel Dryer* (STD). The experiment was arranged in a 4×3 factorial Completely Randomized Design with three replications. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at a 5% significance level, followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The interaction between solvent type and grinding frequency significantly affected the physical and chemical properties of the resulting glucomannan flour. The highest glucomannan content (90.29%) was achieved using 90% IPA combined with five grinding cycles, accompanied by lower calcium oxalate, protein, and ash contents, as well as higher lightness values. Meanwhile, the use of 44% traditional distilled liquor produced a higher flour yield with a glucomannan content of 81.82%. These findings demonstrate that integrating mechanical grinding, solvent selection, and controlled drying provides a more effective

purification strategy than optimizing a single processing factor. This integrated approach offers a promising alternative for producing high-quality glucomannan while promoting the utilization of locally available resources in the porang processing industry.

Keywords: *Porang Tuber, Glucomannan, Direct Extraction, Isopropanol, Traditional Arak*

PENDAHULUAN

Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) berkembang menjadi salah satu komoditas hayati yang menarik perhatian karena kandungan glukomanannya mampu menjawab kebutuhan berbagai sektor industri berbasis biomaterial. Polisakarida ini memiliki kemampuan membentuk gel, meningkatkan viskositas, menstabilkan emulsi, serta membentuk lapisan tipis sehingga dimanfaatkan secara luas dalam formulasi pangan, farmasi, hingga material ramah lingkungan. Nilai fungsional tersebut juga berkaitan dengan manfaat fisiologisnya sebagai serat pangan yang berpotensi membantu mengendalikan kadar glukosa darah, menjadikan glukomanan relevan untuk pengembangan pangan fungsional. Selain itu, karakteristik pembentukan film yang dimilikinya membuka peluang pemanfaatan sebagai bahan baku *edible film* yang lebih berkelanjutan dibandingkan polimer sintesis (Wardani et al., 2021; Thelmalina & Wirasuta, 2022; Nurlatifah & Amyranti, 2023).

Meskipun prospek pemanfaatannya sangat luas, kualitas glukomanan yang diperoleh dari umbi porang belum selalu memenuhi kebutuhan industri. Kandungan glukomanan alami menunjukkan variasi yang cukup besar antardaerah produksi sehingga menghasilkan mutu bahan baku yang tidak seragam. Analisis porang dari beberapa wilayah di Sulawesi Selatan, misalnya, memperlihatkan kadar glukomanan yang masih berada di bawah standar mutu yang diharapkan untuk bahan baku berkualitas tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan nilai tambah porang tidak cukup hanya bergantung pada potensi biologis tanaman, tetapi juga sangat ditentukan oleh efektivitas teknologi ekstraksi dan pemurnian yang diterapkan selama proses pengolahan (Masniawati et al., 2023).

Tantangan berikutnya berasal dari keberadaan kristal kalsium oksalat yang secara alami terdistribusi di dalam jaringan umbi. Senyawa ini tidak hanya menimbulkan sensasi gatal dan iritasi ketika produk dikonsumsi, tetapi juga menjadi pengotor yang menurunkan mutu tepung glukomanan. Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengurangi kandungan oksalat, termasuk perlakuan perebusan menggunakan larutan natrium bikarbonat yang terbukti mampu menurunkan kadar kalsium oksalat sekaligus meningkatkan kadar glukomanan hingga memenuhi batas keamanan konsumsi. Di sisi lain, peningkatan kemurnian glukomanan juga dipengaruhi oleh keberhasilan menghilangkan komponen non-glukomanan lainnya sehingga proses pemurnian menjadi tahapan yang menentukan kualitas produk akhir (Astuti et al., 2022; Salim et al., 2021).

Sejalan dengan berkembangnya penelitian mengenai pemurnian glukomanan, berbagai strategi proses telah diusulkan untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi. Penggunaan *anti-solvent* berbasis isopropanol dilaporkan mampu meningkatkan rendemen glukomanan melalui mekanisme pengendapan yang lebih selektif dibandingkan pelarut dengan tingkat kepolaran lebih tinggi, sedangkan perlakuan *annealing* pada kondisi tertentu berkontribusi terhadap peningkatan kadar glukomanan melalui perubahan struktur granula pati. Setelah proses ekstraksi berlangsung, tahapan pengeringan juga memegang peranan penting karena menentukan stabilitas mutu produk selama penyimpanan. Penelitian mengenai rumah pengering berbasis energi surya memperlihatkan bahwa sistem pengeringan terkontrol mampu mempercepat penurunan kadar air dan meningkatkan efisiensi proses dibandingkan pengeringan terbuka, sehingga berpotensi mendukung produksi glukomanan dengan mutu yang lebih konsisten (Ihsan et al., 2023; Setiavani & Suarti, 2023; Koehuan et al., 2022).

Perkembangan penelitian tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan mutu glukomanan masih didominasi oleh optimasi satu tahapan proses pada satu waktu. Kajian mengenai ekstraksi umumnya berfokus pada pemilihan jenis pelarut atau rasio *anti-solvent* untuk memperoleh rendemen glukomanan yang lebih tinggi (Wardani et al., 2021; Ihsan et al., 2023), sedangkan penelitian lain lebih menitikberatkan pada modifikasi termal melalui *annealing* atau perebusan untuk meningkatkan kadar glukomanan sekaligus menurunkan kandungan kalsium oksalat (Setiavani & Suarti, 2023; Astuti et al., 2022). Di sisi lain, penelitian mengenai teknologi pengeringan lebih banyak diarahkan pada efisiensi perpindahan panas dan penurunan kadar air bahan (Koehuan et al., 2022), sementara kajian mengenai pemurnian glukomanan menekankan perbedaan efektivitas metode basah dan metode kering terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan (Salim et al., 2021). Pola tersebut menunjukkan bahwa setiap tahapan pengolahan telah banyak dikaji secara individual, tetapi hubungan antartahapan dalam satu sistem ekstraksi masih belum memperoleh perhatian yang memadai.

Keterbatasan tersebut membuka ruang penelitian yang masih signifikan. Literatur yang tersedia belum banyak mengevaluasi bagaimana interaksi antara destruksi mekanis jaringan umbi, pemilihan pelarut alkohol dengan karakteristik kepolaran yang berbeda, dan sistem pengeringan terkontrol memengaruhi efisiensi deoksalasi maupun kemurnian glukomanan secara simultan. Padahal, pelepasan kristal kalsium oksalat dari sel idioblas, kemampuan pelarut memisahkan senyawa pengotor, serta stabilitas produk selama proses pengeringan merupakan tahapan yang saling berkaitan dan berpotensi menentukan mutu akhir tepung glukomanan. Selain itu, pemanfaatan arak tradisional sebagai sumber bioetanol lokal belum banyak diposisikan sebagai alternatif terhadap pelarut alkohol komersial dalam sistem ekstraksi langsung umbi porang segar. Kesenjangan pengetahuan inilah yang menjadi landasan ilmiah perlunya penelitian lebih lanjut mengenai integrasi berbagai perlakuan tersebut dalam satu rancangan proses.

Penelitian ini menawarkan pendekatan yang berbeda melalui pengembangan sistem ekstraksi terintegrasi yang menggabungkan frekuensi penggilingan mekanis, penggunaan isopropanol pada beberapa tingkat konsentrasi maupun arak tradisional berkadar alkohol 44% sebagai media pemurnian, serta pengeringan menggunakan *Solar Tunnel Dryer*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengoptimalkan masing-masing tahapan secara terpisah, penelitian ini mengevaluasi pengaruh interaksi antarperlakuan terhadap proses deoksalasi dan peningkatan kemurnian glukomanan dalam satu kesatuan proses pengolahan. Pendekatan tersebut diharapkan tidak hanya menghasilkan tepung glukomanan dengan kualitas yang lebih tinggi, tetapi juga memberikan alternatif teknologi yang lebih efisien dan berpotensi diterapkan pada skala industri berbasis sumber daya lokal. Atas dasar itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh interaksi antara frekuensi penggilingan mekanis dan jenis pelarut terhadap efisiensi deoksalasi serta peningkatan kemurnian tepung glukomanan yang dihasilkan melalui ekstraksi langsung umbi porang segar menggunakan sistem pengeringan *Solar Tunnel Dryer*.

METODE PENELITIAN

Umbi porang segar (*Amorphophallus muelleri* Blume) yang digunakan sebagai bahan baku diperoleh dari sentra budidaya di Desa Lajawajo, Kecamatan Mauponggo, Kabupaten Nagekeo, Nusa Tenggara Timur. Sampel dipilih berdasarkan kondisi fisik yang seragam, bebas kerusakan mekanis, dan telah mencapai tingkat kematangan panen yang sesuai. Seluruh tahapan preparasi, ekstraksi, pengeringan, hingga analisis mutu dilaksanakan di Laboratorium Kimia Pangan Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. Bahan kimia yang digunakan meliputi larutan NaCl 5%, natrium metabisulfit 1%, *isopropyl alcohol* (IPA) dengan konsentrasi 50%,

70%, dan 90%, serta arak tradisional Lajawajo berkadar alkohol 44% sebagai pelarut pembanding. Peralatan utama yang digunakan meliputi *grinder*, ayakan *mesh* 80, sistem *Solar Tunnel Dryer* (STD), timbangan analitik, oven, tanur, alat destilasi protein, spektrofotometer, dan *color reader* untuk pengukuran nilai *lightness* (L^*).

Tahapan pengolahan diawali dengan pencucian, pengupasan, dan pemotongan umbi menjadi irisan tipis (*chip*). Irisan porang kemudian direndam dalam larutan NaCl 5% selama 10 jam, dilanjutkan dengan perendaman menggunakan larutan natrium metabisulfit 1% selama 4 jam, kemudian dicuci hingga bersih dan ditiriskan. Proses ekstraksi dilakukan secara langsung menggunakan empat jenis pelarut, yaitu IPA 50%, IPA 70%, IPA 90%, dan arak tradisional 44%, dengan perlakuan penggilingan mekanis sebanyak 3, 5, atau 7 kali sesuai rancangan percobaan. Suspensi hasil ekstraksi selanjutnya disaring menggunakan ayakan *mesh* 80 untuk memisahkan fraksi padat, kemudian dikeringkan menggunakan *Solar Tunnel Dryer* hingga mencapai berat konstan sebelum dihaluskan menjadi tepung glukomanan.

Rancangan percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 4×3 dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Faktor pertama terdiri atas empat jenis pelarut, yaitu IPA 50%, IPA 70%, IPA 90%, dan arak tradisional 44%, sedangkan faktor kedua berupa frekuensi penggilingan mekanis sebanyak 3, 5, dan 7 kali. Parameter yang diamati meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar kalsium oksalat, kadar glukomanan, serta tingkat kecerahan warna (L^*). Pengujian kadar air dan kadar abu dilakukan menggunakan metode gravimetri, kadar protein dianalisis dengan metode Kjeldahl, kadar glukomanan ditentukan menggunakan metode DNS, kadar kalsium oksalat dianalisis secara spektrofotometri, sedangkan tingkat kecerahan diukur menggunakan *color reader*. Seluruh data dianalisis menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics melalui uji *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%, kemudian dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) apabila diperoleh perbedaan yang nyata antarperlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

3.1 Karakteristik Bahan Baku Umbi Porang Segar

Karakterisasi bahan baku dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi awal umbi porang segar sebelum diberikan perlakuan ekstraksi. Parameter yang diamati meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat. Data awal ini digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi perubahan karakteristik tepung glukomanan setelah seluruh perlakuan diterapkan. Ringkasan hasil karakterisasi bahan baku disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Bahan Baku Umbi Porang Segar

Parameter	Hasil Analisis (%)	Literatur (%)
Kadar air	79,20	81,50
Kadar abu	1,43	1,15
Kadar protein	1,20	0,95
Kadar glukomanan	5,12	3,75
Kadar kalsium oksalat	1,52	0,25

Keterangan: Data literatur digunakan sebagai pembanding karakteristik awal bahan baku.

Berdasarkan Tabel 1, umbi porang segar yang digunakan dalam penelitian memiliki kadar air sebesar 79,20%, kadar abu 1,43%, kadar protein 1,20%, kadar glukomanan 5,12%, dan kadar kalsium oksalat 1,52%. Dibandingkan dengan data pembanding, kadar glukomanan pada bahan baku penelitian menunjukkan nilai yang lebih tinggi, sedangkan kadar air, kadar abu, protein, dan kalsium oksalat masih berada pada kisaran karakteristik yang umum dijumpai pada umbi porang segar. Perbedaan nilai antarparameter menunjukkan bahwa karakteristik bahan baku penelitian tidak sepenuhnya sama dengan data pembanding. Hasil karakterisasi awal tersebut menjadi dasar dalam mengevaluasi perubahan mutu tepung glukomanan pada setiap kombinasi perlakuan yang diberikan.

3.2 Rendemen Tepung Glukomanan

Rendemen digunakan untuk menggambarkan efisiensi proses ekstraksi glukomanan dari umbi porang segar setelah perlakuan variasi konsentrasi pelarut dan frekuensi penggilingan. Nilai rendemen dihitung berdasarkan persentase bobot tepung glukomanan yang diperoleh terhadap bobot bahan awal pada basis kering. Perbedaan rendemen antarperlakuan digunakan untuk mengevaluasi respons proses ekstraksi terhadap kombinasi perlakuan yang diterapkan. Rerata rendemen tepung glukomanan pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen Tepung Glukomanan

Pelarut	3 Kali Penggilingan	5 Kali Penggilingan	7 Kali Penggilingan
IPA 50% (M1)	38,000 ± 1,032 ^{<sup>c,2</sup>}	37,675 ± 0,927 ^{<sup>c,2</sup>}	36,000 ± 0,962 ^{<sup>c,1</sup>}
IPA 70% (M2)	36,645 ± 0,035 ^{<sup>b,2</sup>}	36,230 ± 0,410 ^{<sup>b,2</sup>}	33,530 ± 2,136 ^{<sup>b,1</sup>}
IPA 90% (M3)	32,620 ± 0,368 ^{<sup>a,2</sup>}	32,615 ± 0,050 ^{<sup>a,2</sup>}	31,560 ± 1,315 ^{<sup>a,1</sup>}

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarjenis pelarut, sedangkan angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarfrekuensi penggilingan pada taraf uji 5%.

Berdasarkan Tabel 2, rendemen tepung glukomanan yang diperoleh berada pada kisaran 31,56–38,00%. Nilai rendemen tertinggi dihasilkan oleh perlakuan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan, sedangkan nilai terendah diperoleh pada penggunaan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa variasi konsentrasi pelarut dan frekuensi penggilingan memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen tepung glukomanan. Secara umum terlihat adanya kecenderungan penurunan rendemen seiring dengan meningkatnya konsentrasi pelarut alkohol dan frekuensi penggilingan yang digunakan selama proses ekstraksi.

3.3 Kadar Air Tepung Glukomanan

Kadar air dianalisis untuk mengetahui karakteristik tepung glukomanan setelah proses ekstraksi dan pengeringan selesai dilakukan. Parameter ini digunakan sebagai salah satu indikator mutu produk karena menunjukkan jumlah air yang masih tersisa pada tepung hasil ekstraksi. Perbedaan kadar air antarperlakuan diamati untuk mengetahui respons produk terhadap variasi jenis pelarut dan frekuensi penggilingan. Rerata kadar air tepung glukomanan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Air Tepung Glukomanan

Pelarut	3 Kali Penggilingan	5 Kali Penggilingan	7 Kali Penggilingan
IPA 50% (M1)	7,447 ± 0,055 ^{<sup>b,2</sup>}	7,430 ± 0,147 ^{<sup>b,12</sup>}	7,233 ± 0,375 ^{<sup>b,1</sup>}
IPA 70% (M2)	7,167 ± 0,580 ^{<sup>a,2</sup>}	6,747 ± 0,502 ^{<sup>a,12</sup>}	6,747 ± 0,603 ^{<sup>a,1</sup>}
IPA 90% (M3)	6,697 ± 0,223 ^{<sup>a,2</sup>}	6,630 ± 0,288 ^{<sup>a,12</sup>}	6,400 ± 0,050 ^{<sup>a,1</sup>}
Arak 44% (N1)	7,747 ± 0,789 ^{<sup>b,2</sup>}	7,463 ± 0,306 ^{<sup>b,12</sup>}	7,017 ± 0,161 ^{<sup>b,1</sup>}

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarjenis pelarut, sedangkan angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarfrekuensi penggilingan pada taraf uji 5%.

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar air tepung glukomanan berkisar antara 6,40% hingga 7,75%. Nilai kadar air terendah diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan, sedangkan kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan arak 44% dengan tiga kali penggilingan. Analisis statistik menunjukkan bahwa variasi jenis pelarut maupun frekuensi penggilingan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air tepung glukomanan. Seluruh perlakuan menghasilkan kadar air di bawah 8%, sehingga menunjukkan karakteristik kadar air yang relatif rendah pada produk akhir hasil ekstraksi.

3.4 Kadar Abu Tepung Glukomanan

Kadar abu dianalisis untuk menggambarkan jumlah residu mineral yang masih tersisa pada tepung glukomanan setelah proses ekstraksi. Nilai kadar abu digunakan sebagai salah satu indikator mutu produk karena menunjukkan tingkat kemurnian tepung yang dihasilkan. Perbedaan kadar abu pada setiap kombinasi perlakuan diamati untuk mengetahui respons produk terhadap variasi jenis pelarut dan frekuensi penggilingan. Hasil pengukuran kadar abu disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Abu Tepung Glukomanan

Pelarut	3 Kali Penggilingan	5 Kali Penggilingan	7 Kali Penggilingan
IPA 50% (M1)	3,397 ± 0,274 ^{<sup>d,2</sup>}	3,117 ± 0,202 ^{<sup>d,1</sup>}	2,800 ± 0,180 ^{<sup>d,1</sup>}
IPA 70% (M2)	2,450 ± 0,230 ^{<sup>b,2</sup>}	1,933 ± 0,225 ^{<sup>b,1</sup>}	1,867 ± 0,284 ^{<sup>b,1</sup>}
IPA 90% (M3)	1,833 ± 0,321 ^{<sup>a,2</sup>}	1,583 ± 0,340 ^{<sup>a,1</sup>}	1,367 ± 0,506 ^{<sup>a,1</sup>}
Arak 44% (N1)	2,967 ± 0,321 ^{<sup>c,2</sup>}	2,350 ± 0,397 ^{<sup>c,1</sup>}	2,300 ± 0,265 ^{<sup>c,1</sup>}

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarjenis pelarut, sedangkan angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarfrekuensi penggilingan pada taraf uji 5%.

Berdasarkan Tabel 4, kadar abu tepung glukomanan berada pada kisaran 1,37–3,40%. Nilai kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan, sedangkan kadar abu tertinggi diperoleh pada penggunaan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa konsentrasi pelarut dan frekuensi penggilingan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu yang dihasilkan. Secara umum terlihat kecenderungan penurunan kadar abu seiring meningkatnya konsentrasi pelarut dan frekuensi penggilingan.

3.5 Kadar Protein Tepung Glukomanan

Kadar protein diamati untuk mengetahui perubahan kandungan protein pada tepung glukomanan setelah proses ekstraksi. Parameter ini digunakan sebagai salah satu indikator mutu karena menunjukkan jumlah komponen non-glukomanan yang masih terdapat pada produk akhir. Perbandingan kadar protein antarperlakuan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar Protein Tepung Glukomanan

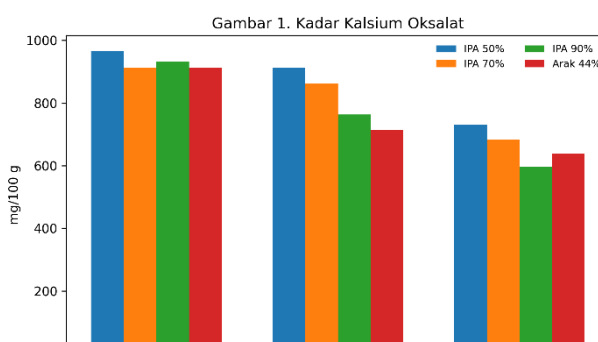
3	3 Kali Penggilingan	5 Kali Penggilingan	7 Kali Penggilingan
IPA 50% (M1)	3,929 ± 0,333 ^{c,2}	3,953 ± 0,201 ^{c,1}	3,664 ± 0,004 ^{c,1}
IPA 70% (M2)	3,776 ± 0,098 ^{b,2}	3,257 ± 0,399 ^{b,1}	2,671 ± 0,784 ^{b,1}
IPA 90% (M3)	2,787 ± 0,304 ^{a,2}	2,270 ± 0,459 ^{a,1}	2,267 ± 0,293 ^{a,1}
Arak 44% (N1)	3,723 ± 0,098 ^{b,2}	2,963 ± 0,702 ^{b,1}	2,498 ± 0,365 ^{b,1}

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarjenis pelarut, sedangkan angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antarfrekuensi penggilingan pada taraf uji 5%.

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar protein tepung glukomanan berada pada rentang 2,27–3,95%. Nilai terendah diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan IPA 50% dengan lima kali penggilingan. Analisis ragam menunjukkan bahwa variasi jenis pelarut dan frekuensi penggilingan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein produk akhir. Kecenderungan penurunan kadar protein terlihat pada perlakuan dengan konsentrasi IPA yang lebih tinggi dan frekuensi penggilingan yang lebih banyak.

3.6 Kadar Kalsium Oksalat Tepung Glukomanan

Kadar kalsium oksalat digunakan untuk mengevaluasi perubahan kandungan oksalat setelah proses ekstraksi pada setiap kombinasi perlakuan. Untuk memudahkan pengamatan terhadap kecenderungan perubahan nilai antarperlakuan, hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik. Rerata kadar kalsium oksalat tepung glukomanan ditampilkan pada Gambar 1.

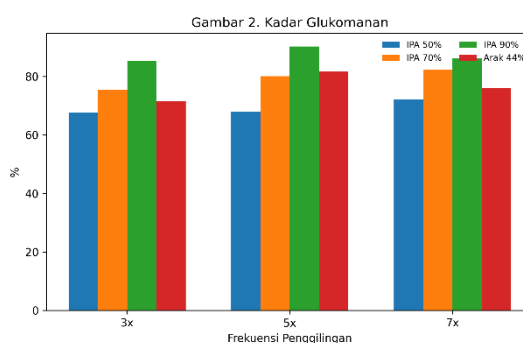


Gambar 1. Grafik Rerata Kadar Kalsium Oksalat Tepung Glukomanan

Berdasarkan Gambar 1, kadar kalsium oksalat berkisar antara 596,43 mg/100 g hingga 967,28 mg/100 g. Nilai terendah diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa frekuensi penggilingan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar kalsium oksalat, sedangkan perbedaan jenis pelarut tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Pola perubahan nilai antarperlakuan dapat diamati secara lebih jelas melalui penyajian grafik.

3.7 Kadar Glukomanan Tepung Glukomanan

Kadar glukomanan merupakan parameter utama dalam penelitian ini karena digunakan untuk menggambarkan tingkat kemurnian tepung yang dihasilkan. Perubahan kadar glukomanan pada setiap kombinasi perlakuan disajikan dalam bentuk grafik sehingga kecenderungan peningkatan nilai lebih mudah diamati. Rerata kadar glukomanan ditampilkan pada Gambar 2.



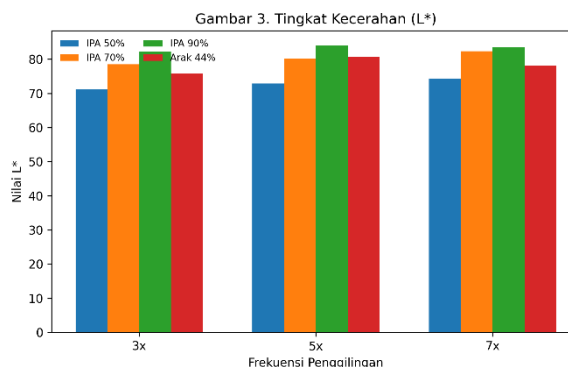
Gambar 2. Grafik Rerata Kadar Glukomanan Tepung Glukomanan

Berdasarkan Gambar 2, kadar glukomanan berada pada kisaran 67,61–90,29%. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan lima kali penggilingan, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan. Analisis statistik menunjukkan bahwa jenis pelarut, frekuensi penggilingan, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar glukomanan. Penyajian dalam bentuk grafik memperlihatkan perbedaan kecenderungan peningkatan kadar glukomanan antarperlakuan secara lebih jelas dibandingkan penyajian dalam bentuk tabel.

3.8 Tingkat Kecerahan Tepung Glukomanan

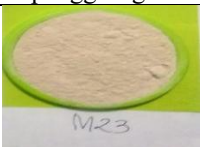
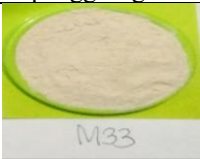
Tingkat kecerahan dianalisis untuk menggambarkan karakteristik visual tepung glukomanan yang dihasilkan setelah proses ekstraksi. Parameter ini diukur menggunakan nilai *lightness* (L^*) sehingga perubahan tingkat kecerahan pada setiap kombinasi perlakuan dapat

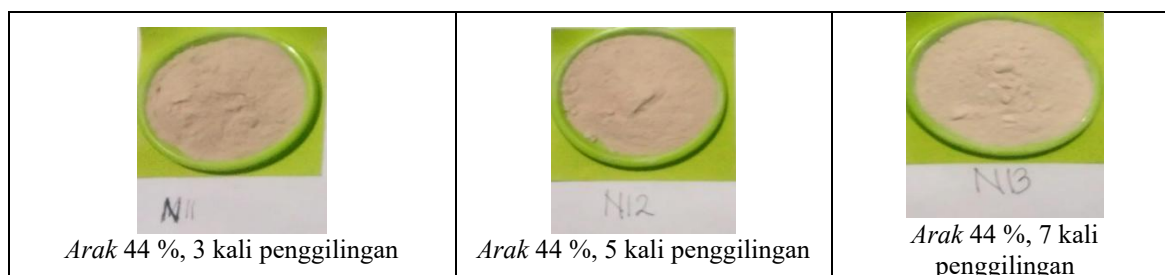
diamati secara kuantitatif. Untuk mempermudah pengamatan terhadap pola perubahan nilai antarperlakuan, hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik. Rerata tingkat kecerahan tepung glukomanan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Tingkat Kecerahan (*Lightness/L*) Tepung Glukomanan

Berdasarkan Gambar 3, nilai tingkat kecerahan tepung glukomanan berada pada kisaran 71,14–84,14. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan IPA 90% dengan lima kali penggilingan, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jenis pelarut dan frekuensi penggilingan memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kecerahan produk. Perbedaan kecenderungan nilai antarperlakuan terlihat lebih jelas melalui penyajian grafik sehingga memudahkan pembacaan pola perubahan yang terjadi. Selain pengukuran secara kuantitatif, karakteristik visual tepung glukomanan pada setiap perlakuan juga diamati secara langsung. Dokumentasi hasil pengamatan tersebut disajikan pada Gambar 4 sebagai pelengkap terhadap data pengukuran tingkat kecerahan.

 IPA 50 %, 3 kali penggilingan	 IPA 50 %, 5 kali penggilingan	 IPA 50 %, 7 kali penggilingan
 IPA 70 %, 3 kali penggilingan	 IPA 70 %, 5 kali penggilingan	 IPA 70 %, 7 kali penggilingan
 IPA 90 %, 3 kali penggilingan	 IPA 90 %, 5 kali penggilingan	 IPA 90 %, 7 kali penggilingan



Gambar 4. Penampakan Visual Tepung Glukomanan pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Berdasarkan Gambar 4, setiap kombinasi perlakuan menghasilkan perbedaan tampilan visual yang dapat diamati melalui variasi tingkat kecerahan warna tepung. Perbedaan tersebut selaras dengan hasil pengukuran nilai *lightness* yang diperoleh pada setiap perlakuan. Secara umum, perlakuan dengan nilai *lightness* yang lebih tinggi memperlihatkan warna tepung yang lebih cerah dibandingkan perlakuan lainnya. Dokumentasi visual ini melengkapi data kuantitatif sehingga karakteristik warna produk dapat diamati secara lebih komprehensif.

3.9 Rekapitulasi Mutu Produk Terbaik

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai hasil penelitian, parameter mutu dari kombinasi perlakuan terbaik dirangkum dalam Tabel 6. Penyajian ini bertujuan memudahkan pembaca dalam melihat karakteristik produk akhir tanpa harus membandingkan seluruh tabel dan grafik secara terpisah.

Tabel 6. Rekapitulasi Karakteristik Produk Terbaik

Parameter	Nilai Terbaik	Kombinasi Perlakuan
Rendemen (%)	38,00	IPA 50% + 3 kali penggilingan
Kadar air (%)	6,40	IPA 90% + 7 kali penggilingan
Kadar abu (%)	1,37	IPA 90% + 7 kali penggilingan
Kadar protein (%)	2,27	IPA 90% + 7 kali penggilingan
Kadar oksalat (mg/100 g)	596,43	IPA 90% + 7 kali penggilingan
Kadar glukomanan (%)	90,29	IPA 90% + 5 kali penggilingan
Tingkat kecerahan (L*)	84,14	IPA 90% + 5 kali penggilingan

Berdasarkan Tabel 6, kombinasi perlakuan IPA 90% dengan lima kali penggilingan menghasilkan kadar glukomanan dan tingkat kecerahan tertinggi, sedangkan IPA 90% dengan tujuh kali penggilingan memberikan nilai kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar oksalat terendah. Di sisi lain, rendemen tertinggi diperoleh pada penggunaan IPA 50% dengan tiga kali penggilingan. Rekapitulasi ini memperlihatkan bahwa setiap parameter mutu menunjukkan respons yang berbeda terhadap kombinasi perlakuan yang diberikan. Penyajian dalam bentuk tabel ringkasan memudahkan pembaca mengidentifikasi karakteristik utama produk hasil penelitian tanpa harus menelusuri setiap parameter secara terpisah.

Pembahasan

Proses pemurnian glukomanan merupakan rangkaian tahapan yang saling berkaitan sehingga perubahan pada satu perlakuan akan memengaruhi karakteristik produk akhir secara keseluruhan. Hubungan tersebut tercermin pada penelitian ini, di mana variasi konsentrasi *isopropyl alcohol* (IPA) dan frekuensi penggilingan menghasilkan perubahan pada rendemen tanpa dapat dimaknai semata-mata sebagai peningkatan atau penurunan efisiensi proses. Rendemen yang lebih rendah pada konsentrasi IPA tinggi menunjukkan bahwa proses ekstraksi berlangsung lebih selektif melalui berkurangnya komponen non-glukomanan yang masih terbawa ke dalam produk. Interpretasi ini sejalan dengan Ibrahim et al. (2022), yang melaporkan bahwa penggunaan IPA meningkatkan kemurnian glukomanan melalui proses pemisahan yang lebih efektif, serta diperkuat oleh Oko (2020) yang menunjukkan bahwa optimasi kondisi isolasi lebih berorientasi pada peningkatan kualitas fraksi glukomanan daripada sekadar menghasilkan rendemen yang tinggi. Dengan demikian, rendemen pada proses pemurnian glukomanan lebih tepat dipandang sebagai indikator keseimbangan antara jumlah produk yang diperoleh dan tingkat kemurniannya.

Karakteristik fisik tepung yang dihasilkan memperlihatkan bahwa keberhasilan ekstraksi tidak dapat dilepaskan dari tahapan pengeringan dan perlakuan awal bahan baku. Kadar air yang rendah menunjukkan proses pengeringan berlangsung efektif, sedangkan penurunan kadar abu mengindikasikan semakin sedikitnya komponen mineral yang masih tertinggal setelah proses pemurnian. Kondisi tersebut sejalan dengan Mukkun et al. (2022) yang melaporkan bahwa teknik perendaman memengaruhi karakteristik fisik tepung porang, termasuk kadar air dan kandungan glukomanan, sementara Handayani et al. (2020) menegaskan bahwa mutu tepung dipengaruhi oleh efektivitas setiap tahapan pengolahan sejak preparasi hingga pengeringan. Penggunaan *Solar Tunnel Dryer* pada penelitian ini turut mendukung terbentuknya karakteristik fisik yang lebih stabil karena proses pengeringan berlangsung dalam kondisi yang lebih terkontrol, sebagaimana dilaporkan oleh Ginting (2023). Oleh karena itu, peningkatan mutu tepung glukomanan pada penelitian ini tidak hanya dipengaruhi oleh jenis pelarut, tetapi juga oleh keterpaduan antara preparasi bahan, proses ekstraksi, dan sistem pengeringan yang bekerja sebagai satu kesatuan.

Kualitas tepung glukomanan tidak hanya ditentukan oleh tingginya kadar glukomanan, tetapi juga oleh keberhasilan mengurangi komponen non-target yang masih terikut selama proses ekstraksi. Penurunan kadar protein pada penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan yang diterapkan mampu meningkatkan selektivitas pemisahan sehingga fraksi selain glukomanan semakin berkurang. Kecenderungan tersebut sejalan dengan Perdana (2021), yang menunjukkan bahwa modifikasi metode penggilingan berpengaruh terhadap karakteristik tepung porang melalui perubahan efektivitas proses pengolahan, serta didukung oleh Oko (2020) yang menegaskan bahwa optimasi kondisi isolasi berperan penting dalam menghasilkan glukomanan dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Dengan demikian, perubahan kadar protein pada penelitian ini tidak hanya mencerminkan berkurangnya kandungan protein itu sendiri, tetapi juga mengindikasikan bahwa proses pemurnian berlangsung lebih selektif. Pendekatan tersebut memberikan sudut pandang bahwa evaluasi mutu glukomanan sebaiknya dilakukan melalui keterkaitan antarparameter, bukan berdasarkan satu indikator secara terpisah.

Hubungan antarperlakuan menjadi semakin jelas ketika dikaitkan dengan perubahan kadar kalsium oksalat. Berbagai penelitian sebelumnya umumnya menempatkan perlakuan mekanis atau preparasi awal sebagai faktor utama dalam menurunkan kandungan oksalat. Sugiari (2021) menunjukkan bahwa metode mekanik mampu mempercepat pelepasan kristal kalsium oksalat dari jaringan umbi, sedangkan Hadi dan Kurniawan (2020) melaporkan bahwa pengupasan dan perendaman memberikan kontribusi terhadap penurunan senyawa tersebut sebelum proses ekstraksi dilakukan. Meskipun demikian, kedua penelitian tersebut masih

mengevaluasi setiap perlakuan secara terpisah sehingga belum menjelaskan bagaimana interaksi antara destruksi mekanis dan pemilihan pelarut memengaruhi proses deoksalasi. Penelitian ini memperlihatkan bahwa penurunan kadar kalsium oksalat berlangsung lebih efektif ketika penggilingan berulang dikombinasikan dengan variasi pelarut dalam satu rangkaian proses. Temuan tersebut mulai mengisi kesenjangan yang masih terdapat pada penelitian terdahulu dan menjadi dasar bahwa efektivitas deoksalasi lebih dipengaruhi oleh sinergi antarperlakuan daripada dominasi satu faktor tunggal.

Kadar glukomanan menjadi indikator yang paling merepresentasikan keberhasilan proses pemurnian karena menunjukkan seberapa efektif komponen selain polisakarida utama dapat dipisahkan selama ekstraksi. Peningkatan kadar glukomanan pada penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi konsentrasi *isopropyl alcohol* dan penggilingan mekanis mampu menghasilkan proses pemisahan yang lebih selektif dibandingkan apabila kedua perlakuan diterapkan secara terpisah. Interpretasi tersebut konsisten dengan Ibrahim et al. (2022), yang melaporkan bahwa penggunaan *isopropyl alcohol* meningkatkan kemurnian glukomanan melalui mekanisme ekstraksi yang lebih efektif, serta diperkuat oleh Jusliandi (2022) yang menunjukkan bahwa glukomanan dengan tingkat kemurnian tinggi memiliki karakteristik yang lebih sesuai untuk dikembangkan sebagai biomaterial. Dengan demikian, peningkatan kadar glukomanan pada penelitian ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan proses ekstraksi, tetapi juga memperluas potensi pemanfaatannya sebagai bahan baku berbagai produk bernilai tambah.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, terlihat bahwa sebagian besar kajian masih berfokus pada optimasi satu tahapan pengolahan, baik melalui pemilihan pelarut, perlakuan mekanis, maupun teknik pengeringan. Oko (2020) menitikberatkan pada optimasi kondisi isolasi glukomanan, Ibrahim et al. (2022) mengevaluasi efektivitas *isopropyl alcohol*, Sugiar (2021) mengkaji metode mekanik untuk menurunkan kalsium oksalat, Perdana (2021) mengembangkan variasi metode penggilingan, sedangkan Ginting (2023) dan Fernando (2023) memfokuskan perhatian pada pengeringan dan karakteristik tepung porang. Pendekatan tersebut memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan teknologi pengolahan porang, tetapi belum menggambarkan keterkaitan antarperlakuan dalam satu sistem proses. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan mutu tepung glukomanan lebih efektif dicapai melalui integrasi preparasi, penggilingan mekanis, variasi pelarut, dan pengeringan terkontrol sehingga setiap tahapan saling mendukung dalam menghasilkan produk dengan kemurnian yang lebih baik. Temuan tersebut memperjelas *research gap* bahwa efektivitas pemurnian glukomanan tidak cukup dijelaskan oleh satu faktor proses, melainkan oleh interaksi antartahapan pengolahan.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyusunan strategi pemurnian glukomanan yang memadukan perlakuan mekanis, penggunaan pelarut berbasis alkohol, dan sistem pengeringan dalam satu rancangan proses yang terintegrasi. Pendekatan tersebut menghasilkan peningkatan mutu produk secara simultan, yang ditunjukkan melalui perbaikan karakteristik fisik sekaligus peningkatan kemurnian glukomanan dan penurunan kandungan kalsium oksalat. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengoptimalkan setiap tahapan secara parsial, penelitian ini memperlihatkan bahwa sinergi antarperlakuan memberikan pengaruh yang lebih komprehensif terhadap kualitas tepung porang. Oleh karena itu, *novelty* penelitian ini tidak hanya terletak pada kombinasi penggunaan *isopropyl alcohol*, arak tradisional, penggilingan berulang, dan *Solar Tunnel Dryer*, tetapi juga pada pembuktian bahwa integrasi seluruh tahapan tersebut membentuk sistem pemurnian yang lebih efektif dibandingkan penerapan masing-masing perlakuan secara terpisah. Temuan ini memberikan

dasar ilmiah bagi pengembangan proses ekstraksi glukomanan yang lebih efisien serta berpotensi menjadi alternatif teknologi yang aplikatif bagi industri pengolahan porang.

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan kemurnian tepung glukomanan dari umbi porang segar tidak ditentukan oleh satu perlakuan tunggal, melainkan oleh keterpaduan antara frekuensi penggilingan mekanis, pemilihan jenis pelarut, dan sistem pengeringan yang diterapkan dalam satu rangkaian proses. Pendekatan tersebut berhasil menunjukkan bahwa interaksi antarperlakuan memberikan pengaruh yang lebih efektif terhadap perbaikan karakteristik fisik dan kimia tepung glukomanan dibandingkan optimasi setiap tahapan secara terpisah. Temuan ini sekaligus menjawab kesenjangan penelitian mengenai belum terintegrasinya proses preparasi, ekstraksi, dan pengeringan dalam strategi pemurnian glukomanan, serta memperkuat kontribusi ilmiah penelitian melalui pemanfaatan *isopropyl alcohol* dan arak tradisional sebagai alternatif pelarut dalam sistem ekstraksi langsung berbasis umbi porang segar. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh interaksi frekuensi penggilingan dan jenis pelarut terhadap efisiensi pemurnian glukomanan telah tercapai.

Kontribusi penelitian ini tidak hanya memperluas pemahaman mengenai strategi pemurnian glukomanan, tetapi juga menawarkan pendekatan yang berpotensi diterapkan sebagai alternatif proses pengolahan porang yang lebih efisien dan adaptif terhadap pemanfaatan sumber daya lokal. Integrasi perlakuan yang dikembangkan memberikan landasan bagi pengembangan teknologi produksi glukomanan dengan mutu yang lebih konsisten untuk mendukung kebutuhan industri pangan, farmasi, dan biomaterial. Pengujian pada skala produksi yang lebih besar, disertai evaluasi aspek ekonomi, efisiensi energi, serta karakteristik fungsional glukomanan, menjadi langkah penting untuk memperkuat kelayakan penerapan metode ini pada skala industri. Arah pengembangan tersebut diharapkan dapat memperluas pemanfaatan porang sebagai komoditas bernilai tambah sekaligus mendorong pengembangan teknologi pengolahan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, E. S., Suryati, S., Bahri, S., Masrullita, M., & Meriatna, M. (2022). Pengaruh waktu dan suhu perebusan pada umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) menggunakan larutan NaHCO_3 terhadap penurunan kadar kalsium oksalat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i1.7243>
- Fernando, M. (2023). *Karakterisasi tepung porang (Amorphophallus muelleri) rendah kalsium oksalat yang diproses dari chip dengan perlakuan metode pengeringan dan frekuensi penghembusan udara* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada). <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/226990>
- Ginting, A. S. (2023). *Pengaruh perlakuan steam blanching dan perendaman natrium metabisulfid pada pengeringan chips umbi porang (Amorphophallus muelleri) menggunakan Solar Tunnel Dryer* (Doctoral dissertation, Universitas Katolik Soegijapranata). <https://repository.unika.ac.id/32927/>
- Hadi, F., & Kurniawan, F. (2020). Pengaruh pengupasan dan waktu perendaman pada umbi porang terhadap kadar glukomanan dan kadar senyawa oksalat. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2). <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/1993172>
- Handayani, T., Aziz, Y. S., & Herlinasari, D. (2020). Pembuatan dan uji mutu tepung umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain) di Kecamatan Ngrayun. *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan*, 9(1), 13–21. <https://doi.org/10.48191/medfarm.v9i1.27>

- Ibrahim, M. T., Purwadi, I., & Wahyudi, B. (2022). Peningkatan kadar glukomanan dari umbi iles-iles (*Amorphophallus variabilis*) pada proses ekstraksi dengan pelarut isopropil alkohol. *ChemPro*, 3(1), 51–57. <https://doi.org/10.33005/chempro.v3i1.151>
- Ihsan, F., Anggraini, A., & Azzahro, H. U. (2023). Ekstraksi glukomanan dari tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan kombinasi perlakuan waktu ekstraksi dan *anti-solvent*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 99–108. <https://doi.org/10.32520/jtp.v12i2.2842>
- Jusliandi, M. (2022). *Fabrikasi dan karakterisasi bioplastik berbasis glukomanan umbi porang (Amorphophallus muelleri) dengan penambahan kombinasi plasticizer sorbitol dan polietilen glikol* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/41855/>
- Koehuan, V. A., Bai'oef, A. P., & Dwinanto, M. M. (2022). Studi eksperimen rumah pengering umbi porang sistem hibrid (energi surya–biomassa) dengan variasi tebal irisan *chip*. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 9(2), 31–39. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v9i02.9364>
- Masniawati, A., Johannes, E., Magfira, M., & Tuwo, M. (2023). Analisis glukomanan umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dari beberapa daerah di Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 14(2). <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/27897>
- Mukkun, L., Songgor, K., Lalel, H. L., Rubak, Y. T., Roefaida, E., Tae, A. S. A., ... & Nalle, R. P. (2022). Karakteristik fisik, kadar air, dan kandungan glukomanan tepung porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) melalui beberapa teknik perendaman. *Jurnal Agrisa*, 11(2), 122–130. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/agrisa/article/view/9300>
- Nurlatifah, I., & Amyranti, M. (2023). The utilization of glucomannan from porang flour (*Amorphophallus muelleri* Blume) as a raw material for making an edible film. *Berkala Sainstek*, 11(3), 138–144. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3718442>
- Oko, M. E. (2020). *Optimasi kondisi proses isolasi glukomannan dari umbi porang (Amorphophallus muelleri Blume)* (Doctoral dissertation, Universitas Katolik Soegijapranata). <https://repository.unika.ac.id/25350/>
- Perdana, R. G. (2021). Teknologi pembuatan tepung porang termodifikasi dengan variasi metode penggilingan dan lama fermentasi. *Jurnal Agroindustri*. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/2238748>
- Salim, R., Rahmi, N., Khairiah, N., Yulianti, F., Hidayati, S., Rufida, R., ... & Amaliyah, D. M. (2021). Pemanfaatan dan pengolahan tepung glukomannan umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) sebagai bahan pengenyal produk olahan bakso. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 348–361. <https://www.neliti.com/publications/452000/pemanfaatan-dan-pengolahan-tepung-glukomannan-umbi-porang-amorphophallus-mueller>
- Setiavani, G., & Suarti, B. (2023). The effect of annealing modification on increasing glucomannan content of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) flour. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1309–1315. <https://ijaseit.insightsociety.org/index.php/ijaseit/article/view/18409>
- Sugiar, M. A. (2021). *Penurunan kadar kalsium oksalat pada umbi porang dengan metode mekanik* (Doctoral dissertation, Akademi Farmasi Surabaya). <https://repository.akfarsurabaya.ac.id/id/eprint/702/>

- Thelmalina, F. J., & Wirasuta, I. M. A. G. (2022). Potensi *Amorphophallus* sp. sebagai pangan fungsional untuk pasien diabetes melitus. In *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi* (Vol. 1, pp. 230–243). <https://doi.org/10.24843/WSNF.2022.v01.i01.p19>
- Wardani, N. E., Subaidah, W. A., & Muliasari, H. (2021). Ekstraksi dan penetapan kadar glukomanan dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) menggunakan metode DNS. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(3), 383–391. <https://jsk.ff.unmul.ac.id/index.php/JSK/article/view/200>