

Pemanfaatan Berkelanjutan Limbah Anggur melalui Uji Fitokimia dan Bioaktivitas untuk Pemakaian Nutrasetik Biji dan Kulit yang Dikeringkan di Bawah Sinar Matahari

Sustainable Utilization of Grape Waste by Phytochemical and Bioactivity Assessment for Nutraceutical Application of Sundried Seeds and Peel

Somali Ghosh^{1*}, Chinnappan A. Kalpana²

¹Phd Scholar, Department of Food Science and Nutrition, Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women, Coimbatore, Tamil Nadu, India

²Professor & Head, Department of Food Science and Nutrition, Deputy Dean, Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women, Coimbatore, Tamil Nadu, India

INFO ARTIKEL

Received: 04-09-2024

Accepted: 20-01-2025

Published online: 14-03-2025

*Koresponden:

Somali Ghosh

somaliqghosh24@gmail.com

 DOI:

10.20473/amnt.v9i1.2025.146-153

Tersedia secara online:

<https://e-journal.unair.ac.id/AMNT>

Kata Kunci:

Biji anggur, Kulit anggur, Pengeringan di bawah sinar matahari, *Vitis vinifera* L., Limbah anggur

ABSTRAK

Latar Belakang: Sebagai salah satu buah yang banyak dibudidayakan, anggur (*Vitis vinifera* L.) menghasilkan limbah dalam jumlah besar selama proses produksi. Limbah yang biasanya dibuang ini telah diteliti untuk berbagai pemakaian, termasuk bahan kimia, produk hayati, dan pigmen.

Tujuan: Biji dan kulit kering dari anggur (*Vitis vinifera* L.) diteliti untuk mengetahui komposisi fitokimia dan potensi bioaktivitasnya sebagai limbah yang bermanfaat untuk kesehatan.

Metode: Limbah anggur, khususnya biji dan kulit, dikeringkan di bawah sinar matahari untuk kemudian dilakukan penelitian eksperimental dengan metode pengambilan sampel yang sesuai untuk analisis kuantitatif. Sampel kering tersebut dikenai spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR) untuk mengidentifikasi metabolit primer dan sekunder. Spektrofotometri ultraviolet-tampak (UV-Vis) digunakan untuk mengukur senyawa tertentu, termasuk flavonoid, alkaloid, steroid, dan senyawa fenolik. Aktivitas antioksidan dinilai menggunakan uji penangkapan radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) dengan pelarut yang berbeda (akuatik, etanolik, dan metanolik). Pengujian antimikroba dilakukan terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Hasil: Biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDS) dan kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDP) menunjukkan konsentrasi masing-masing sebesar 128 mg/ml dan 141 mg/ml untuk flavonoid, 95 AE/g dan 103 AE/g untuk alkaloid, 10,2 mg/ml dan 9,6 mg/ml untuk steroid, serta 170 GAE/g dan 187 GAE/g untuk senyawa fenolik. Nilai IC50 ekstrak SDS menunjukkan hasil pada pelarut akuatik (5,84 ppm) dan metanolik (6,75 ppm), sedangkan ekstrak SDP menunjukkan aktivitas sedang hingga kuat pada pelarut etanol (47,71 ppm) dan metanol (84,50 ppm). *Staphylococcus aureus* menghambat zona sebesar 9 mm dan 10 mm, dan *Escherichia coli* merusak membran pada ukuran 10 mm dan 8 mm pada kedua sampel.

Kesimpulan: Biji dan kulit limbah anggur yang dikeringkan di bawah sinar matahari menunjukkan sifat antioksidan dan antimikroba yang menjanjikan untuk penelitian lebih lanjut guna menghasilkan potensi produk bernilai tambah lainnya.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global yang pesat, ditambah dengan meningkatnya permintaan sumber makanan yang berkelanjutan dan bergizi, memerlukan pendekatan inovatif dalam produksi makanan dan pengelolaan limbah¹. Sektor pertanian, yang merupakan kontributor signifikan bagi perekonomian global, menghasilkan produk sampingan dan limbah dalam jumlah besar yang sering kali tidak dimanfaatkan atau tidak dikelola dengan baik². Hal ini juga berlaku untuk

sektor penting pertanian anggur yang menghasilkan produk seperti anggur dan jus. Anggur diproses dengan hati-hati, dan sejumlah besar limbah, termasuk biji, kulit, dan batang, dihasilkan³. Secara tradisional, produk sampingan ini dibuang melalui insinerasi atau penimbunan, yang kemudian menyebabkan kekhawatiran lingkungan⁴. Konsep ekonomi sirkular, yang menekankan efisiensi sumber daya dan minimisasi limbah, telah mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun terakhir⁵. Dengan mengubah limbah anggur

menjadi produk bernilai tambah seperti nutrasetikal, dimungkinkan perubahan tersebut dapat berkontribusi pada sistem pangan yang lebih berkelanjutan dan tangguh⁶. Nutrasetikal, yang didefinisikan sebagai produk yang berasal dari makanan dengan manfaat kesehatan yang terbukti lebih dari nutrisi dasar, kini semakin populer karena potensinya untuk mencegah dan mengelola penyakit kronis⁷. Integrasi senyawa bioaktif dari limbah anggur ke dalam makanan fungsional dapat menawarkan kesempatan unik untuk mengatasi tantangan nutrisi dan lingkungan⁸. Limbah anggur adalah matriks kompleks yang terdiri dari berbagai macam fitokimia, termasuk polifenol, flavonoid, dan resveratrol⁹. Senyawa-senyawa ini telah dipelajari secara luas karena sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan anti-kanker yang terkandung di dalamnya¹⁰. Polifenol, khususnya, telah mendapatkan perhatian signifikan karena potensinya untuk mencegah stres oksidatif yang merupakan kontributor utama penyakit kronis¹¹. Resveratrol, sebuah stilbenoid yang ditemukan di kulit dan biji anggur, telah dihubungkan dengan kesehatan kardiovaskular, neuroproteksi, dan efek anti-penuaan¹².

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi limbah anggur sebagai sumber nutrasetikal yang berkelanjutan. Dengan menyelidiki komposisi fitokimia dari berbagai fraksi limbah anggur, kami berusaha untuk mengidentifikasi komponen paling menjanjikan untuk pengembangan nutrasetikal. Selain menawarkan konsumen makanan fungsional yang dapat mendukung kesehatan dan kesejahteraan secara optimal, penelitian kami bertujuan untuk memajukan pengelolaan limbah anggur ke arah penggunaan produk bernilai tambah yang berfokus pada kulit dan biji.

METODE

Penelitian eksperimental ini dilakukan di laboratorium internal Departemen Ilmu Pangan dan Gizi, Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode yang sesuai untuk analisis kuantitatif limbah anggur di wilayah Coimbatore, Tamil Nadu, India, untuk mengurangi bahan limbah yang secara tradisional digunakan sebagai pakan hewan, pupuk, dan biogas. Namun, kami mengumpulkan limbah langsung dari kebun anggur dengan mempertimbangkan keamanan pangan dan bahaya, dan memisahkannya menjadi biji dan kulit untuk digunakan lebih lanjut. Selain itu, kami memverifikasi sampel dari Tamil Nadu Agriculture University (TNAU) untuk mengkonfirmasi spesies anggur (BSI/SRC/5/23/2022/Tech/491). Perusahaan Sigma Chemical menyediakan etanol analitik dan pangan, metanol analitik dan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), reagen Folin-Ciocalteu, dan standar asli flavonoid, alkaloid, steroid, dan senyawa fenolik yang dianalisis menggunakan *Ultra-violet visible spectrophotometry* dengan menentukan transisi elektronik senyawa-senyawa tersebut dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm menggunakan spektrofotometer seri Evolution 300. Larutan stok standar dibuat menggunakan etanol dan metanol, disegel dengan aluminium foil, dan disimpan pada suhu -20°C. Karena penelitian kami tidak melibatkan penggunaan

bahan kimia berbahaya atau hewan, kami tidak meminta izin etika apa pun.

Pengumpulan dan Pemilihan Sampel

Limbah vitikultur dibeli di pertanian Madhampatty (ketinggian: 1401 kaki, N 11°010567619814541) dekat Coimbatore (Selatan), Tamil Nadu (India). Coimbatore, yang terletak di wilayah kering Pegunungan Barat, memiliki iklim yang sejuk sepanjang tahun. Kondisi iklim yang menguntungkan ini, yang ditandai dengan suhu moderat dan curah hujan yang memadai, sangat mendukung vitikultur. Indeks kesesuaian ekoklimat wilayah ini dinilai sangat baik untuk produksi anggur, sehingga memiliki potensi oenologi yang tinggi. Bahan limbah produksi anggur dikumpulkan selama musim tanam November–Februari. Bahan-bahan ini kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama bulan Mei ketika suhu berkisar antara 38 hingga 42 derajat Celsius antara pukul 12 siang dan 3 sore selama tiga hari berturut-turut. Bahan limbah dipisahkan menjadi biji dan kulit, dibersihkan secara menyeluruh, dan dikeringkan di bawah sinar matahari untuk aplikasi eksperimental karena umur simpan yang terbatas. Anggur hanya tersedia selama periode singkat di musim panas. Sepanjang tahun, hal ini ditingkatkan untuk lebih adaptif dan berguna untuk berbagai metode pengolahan produk¹³.

Identifikasi Metabolit Melalui Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FT-IR)

Spektrometer FT-IR Shizmandu digunakan untuk melakukan pengukuran spektroskopi inframerah antara 2500 nm (4000 cm⁻¹) dan 25000 nm (400 cm⁻¹). Spektrum yang diberi anotasi mengilustrasikan bagaimana panjang gelombang cahaya yang diserap menentukan ikatan kimia. Ikatan kimia dari suatu molekul dapat ditemukan dengan menganalisis spektrum serap inframerahnya. Ukuran titik 2 mm dan corong pengambilan sampel cair dari *MIRacle single-reflection Attenuated Total Reflectance* (ATR) membuat evaluasi bahan kecil, serbuk, dan cairan menjadi lebih mudah. Rentang inframerah ZnSe diatur dalam satuan mikrometer dan meliputi 20.000 hingga 650 bilangan gelombang. Data yang diperlukan untuk menentukan gugus fungsional dikumpulkan dari satu miligram sampel serbuk yang dikeringkan di bawah sinar matahari.

Penentuan Alkaloid:

Sampel hidro-etanolik disiapkan dengan melarutkannya dalam Dimetil Sulfoksida (DMSO), mengasamkannya dengan Asam Hidroklorik (HCl), dan menyaringnya. Ekstraksi cair-cair dengan kloroform dilakukan setelah bromokresol hijau dan buffer fosfat ditambahkan. Kurva kalibrasi dibuat menggunakan standar atropin, dan kandungan alkaloid total dari sampel ditentukan secara spektrofotometrik pada panjang gelombang 470 nm dan dinyatakan dalam satuan miligram ekuivalen atropin (AE) per gram ekstrak.

Estimasi Steroids:

Sebanyak 1 mL ekstrak hidro-etanolik dicampur dengan konsentrasi baku prednison yang bervariasi dalam labu volumetrik 10 mL. Campuran tersebut

diasamkan dengan 2 mL asam sulfat 4N, diikuti dengan penambahan 2 mL larutan besi (III) klorida 0,5% dan 0,5 mL larutan kalium heksasianofrat (III) 0,5%. Setelah diinkubasi dalam bak air bergetar pada suhu $700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit, larutan tersebut diencerkan dengan air suling hingga mencapai volume yang telah ditentukan. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 780 nm terhadap reagen kosong. Kandungan steroid total dinyatakan dalam satuan miligram ekuivalen prednison per gram ekstrak.

Penentuan Kandungan Fenolik Total:

Teknik Folin-Ciocalteu digunakan untuk menghitung kandungan fenolik total. Perubahan warna terjadi dari reaksi ekstrak tanaman dengan natrium karbonat dan reagen Folin-Ciocalteu. Absorbansi larutan ini diukur pada panjang gelombang 550 nm dan dibandingkan dengan kurva standar asam galat. Ekuivalen asam galat (GAE), atau miligram per gram sampel, digunakan untuk mengekspresikan kandungan fenolik total.

Penentuan Kandungan Flavonoid:

Uji kolorimetrik klorida aluminium digunakan untuk mengevaluasi konsentrasi flavonoid. Kompleks berwarna dihasilkan melalui reaksi natrium hidroksida, klorida aluminium, dan natrium nitrit dari kedua sampel yang dikeringkan di bawah sinar matahari. Absorbansi kompleks tersebut diukur pada panjang gelombang 510 nm dan dibandingkan dengan konsentrasi flavonoid sampel menggunakan kurva standar untuk Isorhamnetin, kaempferol, dan kuersetin.

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan sampel yang dikeringkan di bawah sinar matahari yang menggunakan pelarut berbeda dideteksi dengan cara menangkap radikal 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Secara singkat, SDS dan SDP disiapkan dengan konsentrasi 10, 50, 150, 250, 350, 500, dan 750 $\mu\text{l/ml}$. Larutan DPPH dengan konsentrasi 0,2 mmol/l disiapkan menggunakan vitamin C sebagai standar. Dua ml larutan sampel dengan gradien konsentrasi yang berbeda ditambahkan ke dalam tabung reagen coklat 10 ml, kemudian 2 ml larutan DPPH ditambahkan. Setelah dicampur, absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm setelah bereaksi selama 30 menit.

Potensi Antimikroba

Evaluasi efektivitas ekstrak sampel yang dikeringkan di bawah sinar matahari terhadap bakteri patogen telah didukung oleh penelitian *in vitro*. Metode mikrodilusi dan difusi agar telah banyak digunakan untuk menemukan zona inhibisi dan konsentrasi inhibisi minimum (MIC) untuk strain bakteri dan jamur. Selain itu, penelitian tentang kinetika pembunuhan waktu telah memberikan pemahaman lebih baik tentang kinetika inhibisi pertumbuhan mikroba dan sifat bakterisidal atau fungisidal dari ekstrak yang diperoleh dari anggur. Penyelidikan ini telah menunjukkan efektivitas antibakteri yang menjanjikan dari ekstrak limbah tanaman anggur, serta menekankan potensi mereka

sebagai pengganti alami untuk agen antimikroba konvensional.

Persiapan Inokulum (Metode Kirby-Bauer) dan Uji Piring

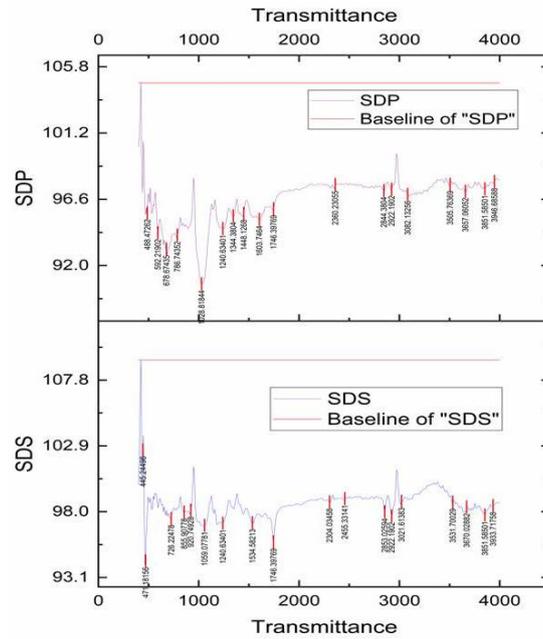
Biakan murni disiapkan dengan mengisolasi satu koloni bakteri dari piring agar dan menginokulasinya ke dalam kaldu pemeliharaan. Biakan tersebut diinkubasi sampai mencapai kekeruhan yang diinginkan, kemudian disesuaikan ke konsentrasi tertentu yang biasanya berisi sekitar 1–2 miliar sel bakteri *E. coli* dan *Staphylococcus aureus* per mililiter. Sebuah hamparan bakteri standar disiapkan untuk pengujian kerentanan antimikroba. Inokulum standar dibuat dengan menyesuaikan kekeruhan kaldu biakan. Swab steril dicelupkan ke dalam suspensi ini dan digunakan untuk mendistribusikan bakteri secara merata di permukaan piring agar nutrisi. Setelah kelembaban yang berlebih berkurang melalui proses penguapan, cakram antimikroba ditempatkan pada piring tersebut. Setelah diinkubasi, diameter zona inhibisi di sekitar cakram diukur guna menilai aktivitas antimikroba.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Metabolit Menggunakan Spektroskopik Inframerah Fourier-Transform (FT-IR)

Analisis spektroskopi Fourier-transform inframerah (FT-IR) dapat mengumpulkan informasi penting tentang komposisi molekuler ekstrak. Beberapa titik data dari ekstrak limbah tanaman anggur yang sedang diteliti telah dihasilkan, dan gugus fungsional yang terkandung dalam komposisi ekstrak limbah yang dikeringkan di bawah sinar matahari telah diidentifikasi melalui teknik ini. Spektrum FT-IR menunjukkan keberadaan beberapa gugus fungsional yang dapat menunjukkan adanya senyawa polifenolik dalam ekstrak: C=C aromatik (1640 cm^{-1}), C-H aromatik (650 cm^{-1}), dan -OH alkoholik/fenolik ($3200 - 3400\text{ cm}^{-1}$). Spektrum inframerah (IR) menampilkan pita penyerapan yang mewakili interaksi molekul dengan cahaya inframerah. Sumbu x menunjukkan bilangan gelombang, sementara sumbu y mewakili intensitas penyerapan. Spektrum IR biasanya dibagi menjadi dua wilayah: wilayah frekuensi gugus (di atas 1500 cm^{-1}) dan wilayah sidik jari (di bawah 1500 cm^{-1}). Wilayah pertama berisi puncak karakteristik yang membantu mengidentifikasi gugus fungsional spesifik. Wilayah kedua unik untuk setiap molekul dan menyediakan sidik jari molekuler untuk perbandingan dan identifikasi. Getaran ikatan spesifik, seperti peregangan O-H dan C-H, terjadi dalam rentang ini. Sebagai contoh, peregangan O-H biasanya diamati antara 3700 dan 2500 cm^{-1} , sementara peregangan C-H muncul sekitar $2900-2800\text{ cm}^{-1}$ (Tabel 1)^{14,15}.

Wilayah sidik jari dari spektrum IR, di bawah 1500 cm^{-1} , sangat informatif. Karena puncak yang tumpang tindih, keberadaan atau ketiadaan pita dalam wilayah ini dapat sangat membantu dalam mengidentifikasi molekul. Beberapa gugus fungsional memberikan kontribusi pada pola penyerapan spesifik di area ini. Selain itu, wilayah ini memberikan informasi lebih lanjut mengenai molekul, termasuk informasi tentang protein, lipid, dan karbohidrat¹⁶.



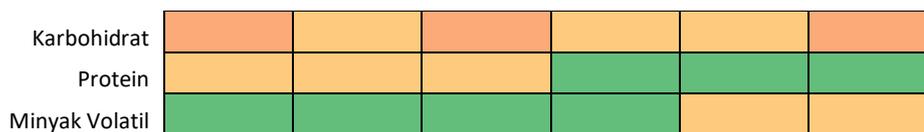
Gambar 1. Spektrum FTIR dari sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDS) dan kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDP)

Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Fitokimia

Skринing fitokimia awal memperkuat bukti bahwa berbagai ekstrak pelarut dari biji dan kulit tanaman anggur yang dikeringkan di bawah sinar matahari mengandung alkaloid, flavonoid, senyawa fenolik, sterol, antraquinon, dan antosianin. Alkaloid dan flavonoid ditemukan dalam jumlah yang lebih tinggi, sedangkan fenolik, sterol, antraquinon, dan antosianin ditemukan dalam jumlah yang lebih rendah dalam semua ekstrak

(Gambar 2). Jumlah flavonoid, alkaloid, steroid, dan fenolik dalam larutan uji diukur dengan mengukur penyerapan senyawa tersebut pada panjang gelombang 424 nm (Tabel 1). Baroi *et al.*, (2022)⁸ menyatakan bahwa variasi sampel, indikasi geografis, waktu panen, dan teknik ekstraksi secara signifikan mempengaruhi kandungan kimia aktif dalam limbah tanaman anggur. Fitur khas dari sampel eksperimental kami dapat dikaitkan dengan metode pengeringan tradisional dan asal geografisnya.

Metabolit	SDS/A	SDS/E	SDS/M	SDP/A	SDP/E	SDP/M
Alkaloid	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Orange
Flavonoid	Orange	Red	Orange	Orange	Green	Orange
Sterol	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green
Terpenoid	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Antraquinon	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Green
Sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan etanol	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Antosianin	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Senyawa Fenolik	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Green
Kuinon	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Tanin	Green	Orange	Red	Green	Green	Green
Saponin	Green	Green	Green	Orange	Green	Green
Glikosida Jantung	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Green
Tes Glikosida	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Lignin	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Kumorin	Green	Green	Green	Green	Green	Green



Hijau: Muncul dalam konsentrasi rendah; Perubahan warna dari kuning ke merah menunjukkan konsentrasi fitokimia yang sedang hingga tinggi. SDS: biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari; SDP: kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari; A: larutan air; E: etanol; M: metanol; SDS/A: Sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan air; SDS/E: Sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan etanol; SDS/M: Sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan metanol; sama halnya, SDP/A: Sampel kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan air; SDP/E: Sampel kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan etanol; SDP/M: Sampel kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari dalam larutan metanol

Gambar 2. Visualisasi data menggunakan *heatmap* dalam analisis kualitatif fitokimia

Senyawa fenolik terverifikasi sebagai yang tertinggi melalui skrining kualitatif dengan tujuh belas metabolit dan spektroskopi inframerah Fourier-transform (FT-IR). Kami telah memilih empat metabolit untuk dikuantifikasi berdasarkan data ini. Setelah analisis, kulit dari limbah tanaman anggur yang dikeringkan di bawah sinar matahari menghasilkan

metabolit yang dikuantifikasi dalam jumlah yang sangat banyak, sedangkan steroid dalam sampel biji relatif lebih tinggi dibandingkan sampel kulit (Table 3). Studi pada tahun 2020 melaporkan konsentrasi fitokimia yang lebih rendah dalam ekstrak hidroalkohol dibandingkan konsentrasi yang diamati dalam analisis kami¹⁷.

Tabel 1. Kuantifikasi fitokimia yang telah diidentifikasi

Nama Sampel	Nama Uji	Hasil (mg/ml)
Biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDS)	Flavonoid	128
	Alkaloid (AE/g)	95
	Steroid	10,2
	Senyawa Fenolik (GAE/g)	170
Kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDP)	Flavonoid	141
	Alkaloid (AE/g)	103
	Steroid	9,6
	Senyawa Fenolik (GAE/g)	187

g: gram; AE: ekuivalen atropine; GAE: ekuivalen asam galat; mg/ml: milligram per milliliter

Potensi Antioksidan

Sampel kulit dan biji *Vitis vinifera L.* dianalisis secara cepat menggunakan larutan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) berdasarkan kemampuan penyerapan radikal melalui pergeseran hidrogen. Analisis ini juga menggunakan ekstrak air, etanol, dan metanol. Terjadi perubahan warna cepat dari pucat menjadi tidak berwarna, yang menunjukkan bahwa ekstrak tersebut

memiliki sifat penyerapan radikal. Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah sampel yang paling banyak diserap muncul dalam larutan air dan metanol dari sampel biji. Nilai IC₅₀ merepresentasikan efektivitas mencapai kapasitas penyerapan 50%, dengan hubungan timbal balik antara nilai IC₅₀ dan nilai antioksidan: semakin rendah nilai IC₅₀, semakin besar aktivitas penyerapan radikal¹⁸.

Tabel 2. Aktivitas penyerapan radikal IC₅₀ dari sampel biji yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDS) dan kulit yang dikeringkan di bawah sinar matahari (SDP) dalam berbagai pelarut

Sampel	10 µl/ml	50 µl/ml	150 µl/ml	250 µl/ml	350 µl/ml	500 µl/ml	750 mg/ml	Linear eq.(y)	R ²	IC ₅₀	Keterangan
SDS/A	90,98	96,72	96,72	96,72	95,9	95,9	94,26	0,263x + 94,26	0,073	5,8499	P
SDS/E	88,52	95,08	88,52	77,87	67,21	64,75	43,44	-7,757x + 106,0	0,869	792,3252	Na
SDS/M	85,25	95,9	95,08	94,26	94,26	92,62	87,7	0,001x + 92,15	3,00E-07	6,7569	P
SDP/A	54,1	63,11	78,69	84,43	90,98	95,9	95,9	7,259x + 51,40	0,921	142,5712	W
SDP/E	57,38	76,23	86,89	95,9	95,9	94,26	93,44	5,473x + 63,82	0,679	47,4158	S
SDP/M	56,56	69,67	80,33	94,26	95,08	93,44	93,44	6,176x + 58,55	0,777	84,5049	M

Keterangan IC₅₀ µl/ml: <10 Sangat kuat (P); 10–50: Kuat (S); 500–100: Sedang (M); 100–250: Lemah (W); >250: Tidak aktif (Na). A: larutan cair; E: etanol; M: metanol

Flavonoid dan senyawa fenolik adalah antioksidan yang paling kuat yang dapat diekstraksi menggunakan pelarut polar. Dalam penelitian ini, kami berusaha untuk mengoptimalkan ekstraksi yang berfokus pada kekuatan pelarut, yaitu air, etanol, dan metanol. Untuk memaksimalkan hasil ekstraksi antioksidan, campuran pelarut seperti hidroetanol dan hidrometanol dapat digunakan dalam penelitian di masa mendatang.

Penentuan Potensi Antimikroba

Biji, kulit, dan daun tanaman anggur (*Vitis vinifera* L.) mengandung berbagai senyawa kimia bioaktif yang efektif melawan mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, dan virus. Salah satu senyawa tersebut adalah resveratrol, yang masih terkandung dalam kulit anggur dan telah menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat dalam melawan jamur serta bakteri gram-positif dan gram-negatif. Flavonoid seperti quersetin dan katekin,

yang ditemukan dalam jumlah besar dalam biji dan kulit anggur, telah terbukti memiliki sifat antibakteri melalui gangguan membran sel mikroba dan inhibisi enzim vital yang terlibat dalam perkembangan dan patogenisitas mikroba. Mekanisme aksi mikroba ini melibatkan penghancuran membran sel mikroba, yang memungkinkan komponen intraseluler keluar dan akhirnya menyebabkan kematian sel. Berbagai spesies bakteri dan jamur yang diberi perlakuan dengan ekstrak biji dan kulit anggur telah menunjukkan aksi penghancuran membran ini. Penelitian telah menunjukkan bahwa polifenol tertentu yang berasal dari anggur mengganggu proses sinyal sel mikroba, sehingga mencegah pembentukan biofilm dan ekspresi faktor virulensi—keduanya sangat penting untuk patogenisitas dan kelangsungan hidup mikroorganisme dalam lingkungan inang mereka¹⁹.

Tabel 3. Ukuran diameter zona inhibisi SDS dan SDP

Sampel	Zona inhibisi (mm)	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
Kontrol (Teicoplanin)	9 mm	16 mm
SDP	10 mm	8 mm
SDS	9 mm	10 mm

Teicoplanin-TEI³⁰ cakram uji kerentanan 30 mcg

Studi tentang sifat bakteriostatik dan bakterisidal biji anggur menunjukkan korelasi struktur-aktivitas melalui uji aktivitas terhadap *E. coli* dan *S. enteritidis*, dan yang paling efektif yaitu terhadap *Staphylococcus aureus*. Senyawa fenolik dalam biji anggur sebagian bersifat hidrofobik, yang memungkinkan mereka berinteraksi dengan dinding sel bakteri dan lapisan lipopolisakarida. Interaksi ini mengganggu stabilitas membran dan menyebabkan kematian sel. Sebuah studi menunjukkan aktivitas antimikroba yang kuat dari ekstrak biji anggur terhadap kedua strain *Staphylococcus aureus*, dengan konsentrasi inhibisi minimum (MIC) sebesar 0,625 mg/mL dan konsentrasi bakterisidal minimum (MBC) sebesar 1,250 mg/mL²⁰. Ekstrak kulit hidroalkohol yang berasal dari anggur Muscat menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Enterococcus faecalis*, seperti yang dibuktikan oleh masing-masing zona inhibisi sebesar 7 mm dan 5,9 mm¹⁷. Oleh karena itu, temuan studi ini menunjukkan bahwa biji dan kulit anggur kering yang berasal dari ampas memiliki potensi untuk menghambat produksi enterotoksin. Meskipun zona inhibisi yang diamati relatif kecil, kealamian sumber sampel membuatnya menjadi kandidat yang menjanjikan untuk penyelidikan lebih lanjut sebagai agen antimikroba alami. Oleh karena itu, hasil studi menunjukkan bahwa biji dan kulit kering dari ampas dapat menghambat produksi enterotoksin. Meskipun berdasarkan sumber sampel zona inhibisi untuk kedua bakteri relatif kecil, dapat dikatakan bahwa sampel tersebut dapat bertindak sebagai bahan alami untuk antimikroba.

Studi ini fokus pada bahan limbah yang sering dibuang, menangani isu pengelolaan dan penilaian limbah yang relevan, serta menawarkan pemahaman komprehensif tentang keuntungan potensial limbah tanaman anggur dengan menggabungkan analisis fitokimia dan penilaian bioaktivitas. Pendekatan ilmiah

yang ketat ditunjukkan dengan penggunaan spektrofotometri UV-Vis untuk pengukuran molekul tertentu dan spektroskopi FTIR untuk identifikasi metabolit. Hasilnya menunjukkan kemungkinan penggunaan limbah tanaman anggur di beberapa sektor, termasuk makanan, kosmetik, dan farmasi. Studi ini membantu mempromosikan praktik berkelanjutan dan mengurangi dampak pada lingkungan dengan menyelidiki potensi bahan limbah tanaman anggur. Bahan limbah tanaman anggur (biji dan kulit) serta dua bioaktivitas (antioksidan dan antibakteri) adalah subjek utama penelitian ini. Potensi mereka dapat lebih dipahami dengan menguji berbagai jenis produk limbah dan bioaktivitas secara lebih luas. Studi ini berhasil menunjukkan bahwa ekstrak dari limbah tanaman anggur memiliki bioaktivitas, tetapi studi ini tidak menjelaskan secara detail bagaimana proses atau mekanisme yang mendasari efek-efek tersebut terjadi. Penjelasan tentang bahan kimia dan proses yang tepat memerlukan penelitian lebih lanjut. Studi kualitatif ini tidak membahas secara mendalam tentang teknik ekstraksi yang digunakan yang dapat mempengaruhi hasil dan komposisi ekstrak. Dengan memstandarkan proses ekstraksi, maka hasil dari penelitian ini akan lebih dapat diulang (konsisten). Keamanan dan efektivitas ekstrak ini pada organisme hidup harus dievaluasi lebih lanjut melalui penelitian *in vivo*. Kelayakan ekonomi pengambilan bahan kimia bioaktif dari limbah tanaman anggur yang dapat didaur ulang serta skalabilitas penggunaan yang disarankan memerlukan penelitian lebih lanjut.

KESIMPULAN

Flavonoid yang ditemukan dalam jumlah besar pada biji dan kulit anggur - quersetin dan katekin, telah terbukti memiliki sifat antibakteri melalui gangguan pada

membran sel mikroba dan penghambatan enzim penting yang terlibat dalam perkembangan dan patogenisitas mikroba. Berbagai spesies bakteri dan jamur yang diobati dengan ekstrak biji dan kulit anggur telah menunjukkan tindakan mengganggu membran ini. Penelitian telah mengungkapkan bahwa polifenol tertentu yang berasal dari anggur mengganggu proses yang terlibat dalam pensinyalan sel mikroba, sehingga mencegah produksi biofilm dan ekspresi faktor virulensi - keduanya penting untuk patogenisitas dan kelangsungan hidup mikroorganisme.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua anggota fakultas Departemen Ilmu Pangan dan Gizi, Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women.

KONFLIK KEPENTINGAN DAN SUMBER PENDANAAN

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan perihal artikel ini. Penelitian ini tidak mendapat pendanaan dari pihak mana pun.

KONTRIBUSI PENULIS

SG: Konseptualisasi, melakukan analisis, menyusun dan mengedit naskah asli, dan interpretasi data. CAK: Mengawasi, mengedit, dan meninjau naskah.

REFERENSI

1. Abraham, S., R. Noriega, B. & Shin, J. Y. College students' eating habits and knowledge of nutritional requirements. *Journal of Nutrition and Human Health* **02**, (2018). DOI:10.35841/nutrition-human-health.2.1.13-17.
2. Dreßler, M. *Sustainable Entrepreneurship: A Guide to Strategic Business Management for Small Entrepreneurs in the Wine Industry and Beyond*. (UVK Verlag, 2024). DOI:10.24053/9783739882239.
3. Peña-Portillo, G.-C., Acuña-Nelson, S.-M. & Bastías-Montes, J.-M. From Waste to Wealth: Exploring the Bioactive Potential of Wine By-Products—A Review. *Antioxidants* **13**, 992 (2024). DOI:10.3390/antiox13080992.
4. Hanani Ismail, A., Kusbiantoro, A., Tajunnisa, Y., Jaya Ekaputri, J. & Laory, I. A review of aluminosilicate sources from inorganic waste for geopolymer production: Sustainable approach for hydrocarbon waste disposal. *Cleaner Materials* **13**, 100259 (2024). DOI:10.1016/j.clema.2024.100259.
5. Bandh, S. A., Malla, F. A., Wani, S. A. & Hoang, A. T. Waste Management and Circular Economy. in *Waste Management in the Circular Economy* 1–17 (Springer International Publishing, Cham, 2023). DOI:10.1007/978-3-031-42426-7_1.
6. Voss, M. *et al.* Unlocking the Potential of Agrifood Waste for Sustainable Innovation in Agriculture. *Recycling* **9**, 25 (2024). DOI:10.3390/recycling9020025.
7. Joshi, H., Joshi, A., Bhandarkar, A. & Chodankar, P. Nutraceuticals: A Potential Source in Treating Human Ailments. in *Herbals as Nutraceuticals* 69–96 (Apple Academic Press, New York, 2024). DOI:10.1201/9781003488392-6.
8. Baroi, A. M., Popitiu, M., Fierascu, I., Sărdărescu, I.-D. & Fierascu, R. C. Grapevine Wastes: A Rich Source of Antioxidants and Other Biologically Active Compounds. *Antioxidants* **11**, 393 (2022). DOI:10.3390/antiox11020393.
9. Ferreyra, S., Bottini, R. & Fontana, A. Background and Perspectives on the Utilization of Canes' and Bunch Stems' Residues from Wine Industry as Sources of Bioactive Phenolic Compounds. *J Agric Food Chem* **71**, 8699–8730 (2023). DOI: 10.1021/acs.jafc.3c01635.
10. Oyenih, A. B. & Smith, C. Are polyphenol antioxidants at the root of medicinal plant anti-cancer success? *J Ethnopharmacol* **229**, 54–72 (2019). DOI: 10.1016/j.jep.2018.09.037.
11. Muscolo, A., Mariateresa, O., Giulio, T. & Mariateresa, R. Oxidative Stress: The Role of Antioxidant Phytochemicals in the Prevention and Treatment of Diseases. *Int J Mol Sci* **25**, 3264 (2024). Doi:10.3390/ijms25063264.
12. Zhang, L.-X. *et al.* Resveratrol (RV): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **143**, 112164 (2021). DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112164.
13. Jancy Rani D. & Vijayanchalis.S. Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of Fresh and Dried Grape (*Vitis vinifera*) Fruit Proportions. *Int J Innov Sci Res Technol* **6**, (2021).
14. Suma, A. *et al.* GCMS and FTIR analysis on the methanolic extract of red *Vitis Vinifera* seed. *World Journal of Pharmaceutical sciences* 106–113 (2018).
15. Akcay, C., Ceylan, F. & Arslan, R. Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials and FTIR characterization of structural changes. *Sci Rep* **13**, 12897 (2023). DOI:10.1038/s41598-023-40200-x.
16. Bancuta, O.R. *et al.* FT-IR and UV-Vis characterization of grape extracts used as antioxidants in polymers. *Rev. Roum. Chim* **60**, 571–577 (2015). DOI:10.37358/RC.18.6.6322.
17. Radulescu, C. *et al.* Phytochemical Profiles, Antioxidant and Antibacterial Activities of Grape (*Vitis vinifera* L.) Seeds and Skin from Organic and Conventional Vineyards. *Plants* **9**, 1470 (2020). DOI:10.3390/plants9111470.
18. Hanaa, M., Elshafie, M., Ismail, H., Mahmoud, M. & Ibrahim, H. Chemical studies and phytochemical screening of grape seeds (*Vitis Vinifera* L.). *Minia J. Agric. Res.* **35**, 313–325 (2015).
19. Hassan, Y. I., Kosir, V., Yin, X., Ross, K. & Diarra, M. S. Grape Pomace as a Promising Antimicrobial Alternative in Feed: A Critical Review. *J Agric Food Chem* **67**, 9705–9718 (2019). DOI: 10.1021/acs.jafc.9b02861.
20. Bushra, K.A., Essa, M.A. & Sabah, M.R. Inhibition of the sea Gene Expression in *Staphylococcus aureus* Using the Aqueous and Alcoholic Extracts

of the Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Seeds. *Arch Razi Inst* **77**, 269–276 (2022). DOI: 10.22092/ARI.2021.356364.1830.