

Analisis Cost Effectiveness Media Alternatif Berbasis Limbah Kulit dan Kepala Udang Dibandingkan Sabouraud Dextrose Agar untuk Pertumbuhan *Trichophyton rubrum*

Cost Effectiveness Analysis of Shrimp Shell and Head Waste Based Alternative Media Compared with Sabouraud Dextrose Agar for the Growth of *Trichophyton rubrum*

**AFIK ABDURRAHMAN
SULAEMAN
IRA GUSTIRA RAHAYU
YULIANSYAH SUNDARA MULIA**

*Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Bandung
Jl. Babakan Loa No.10 A, Pasirkaliki, Kec. Cimahi Utara, Kota Cimahi, Jawa Barat
Email: afikabdurrahman07@gmail.com*

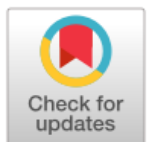
Abstrak

Dermatofitosis merupakan salah satu infeksi jamur superfisial yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat, dengan *Trichophyton rubrum* sebagai salah satu penyebab utamanya. *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) merupakan media standar yang umum digunakan untuk kultur dermatofita, namun biaya produksinya relatif tinggi sehingga diperlukan alternatif yang lebih ekonomis. Hidrolisat limbah kulit dan kepala udang memiliki kandungan protein, peptida, dan asam amino yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar media kultur alternatif. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas media alternatif berbasis hidrolisat udang (40%, 50%, 60%, 70%, 80%) terhadap pertumbuhan *Trichophyton rubrum* serta menilai perbedaan *cost effectiveness* dibandingkan dengan media SDA. Penelitian menggunakan rancangan quasi eksperimental *post test only control group* dengan tiga replikasi per media. Pertumbuhan diamati selama 14 hari dan diameter koloni diukur setiap 24 jam. Analisis dilakukan menggunakan uji statistik Kruskal-Wallis, sedangkan evaluasi ekonomi menggunakan *Average Cost Effectiveness Ratio* (ACER) dan *Incremental Cost Effectiveness Ratio* (ICER). Media alternatif 40-80% mendukung pertumbuhan sejak hari ke-2, dengan fase awal menunjukkan laju pertumbuhan lebih cepat dibanding SDA karena tingginya kandungan peptida kecil dan asam amino bebas, terutama asam glutamat yang cepat dimetabolisme melalui mekanisme *Nitrogen Metabolite Repression*. Pada fase lanjutan, media SDA memberikan pertumbuhan lebih stabil dan optimal karena tersedianya glukosa sebagai sumber karbon langsung, sementara media alternatif yang menggunakan sukrosa memerlukan hidrolisis enzimatis, degradasi nutrisi selama autoklaf dan pH tidak distandarisasi. Secara statistik tidak ditemukan perbedaan signifikan antar media ($p = 0,998$). Analisis *cost effectiveness* menunjukkan bahwa media alternatif 40% merupakan formulasi yang paling *cost effective* dibandingkan dengan media yang lain berdasarkan rasio biaya terhadap pertumbuhan koloni. Media hidrolisat limbah udang efektif mendukung pertumbuhan *Tricophyton rubrum* dengan konsentrasi 40% sebagai pilihan ekonomis.

Kata Kunci: Hidrolisat limbah udang ; media kultur alternatif ; *Trichophyton rubrum* ; *Sabouraud Dextrose Agar* ; ACER ; ICER

Abstract

*Dermatophytosis is one of the most common superficial fungal infections and remains a significant public health concern, with *Trichophyton rubrum* being one of its primary causative agents. Sabouraud Dextrose Agar (SDA) is the standard medium widely used for dermatophyte culture, however, its production cost is relatively high, creating a need for more economical alternatives. Shrimp shell and head hydrolysate contains proteins, peptides, and*



amino acids that have the potential to be utilized as the basis for an alternative culture medium. This study aimed to evaluate the effectiveness of shrimp waste hydrolysate media (40%, 50%, 60%, 70%, 80%) in supporting the growth of *Trichophyton rubrum* and to analyze differences in cost effectiveness compared with SDA. A quasi experimental post test only control group design was employed with three replications per medium. Colony diameter was measured every 24 hours for 14 days. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test, while economic evaluation employed the Average Cost Effectiveness Ratio (ACER) and Incremental Cost Effectiveness Ratio (ICER). Shrimp hydrolysate media (40-80%) supported fungal growth from day 2, with faster early phase growth than SDA due to the abundance of small peptides and free amino acids, particularly glutamic acid rapidly metabolized through Nitrogen Metabolite Repression. In the later growth phase, SDA produced more stable and optimal growth owing to its readily available glucose as a primary carbon source, whereas alternative media required sucrose hydrolysis and were affected by nutrient degradation during autoclaving and non standardized pH. No statistically significant differences were observed among media ($p = 0.998$). Cost effectiveness analysis indicated that the 40% hydrolysate medium was the most cost effective formulation, based on the ratio of production cost to colony growth. Shrimp waste hydrolysate media effectively support *Trichophyton rubrum* growth, with the 40% concentration representing the most economical option.

Keyword: Shrimp waste hydrolysate ; Alternative culture media ; *Trichophyton rubrum* ; Sabouraud Dextrose Agar ; ACER ; ICER

1. Pendahuluan

Dermatofitosis merupakan salah satu infeksi jamur superfisial yang masih menjadi masalah kesehatan di berbagai negara. Penyakit ini diperkirakan memengaruhi sekitar 20-25% populasi dunia dan masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat yang penting (Silva et al., 2026). Infeksi ini disebabkan oleh kelompok jamur dermatofita yang mampu menginvasi jaringan berkeratin, seperti kulit, rambut, dan kuku. Kondisi iklim tropis dan subtropis yang hangat serta lembap mendukung pertumbuhan dan penyebaran dermatofita sehingga angka kejadian dermatofitosis masih relatif tinggi, terutama di negara-negara berkembang (Jartakar et al., 2022). Di Indonesia, dermatofitosis masih sering dijumpai pada berbagai kelompok masyarakat dan menjadi salah satu penyebab infeksi jamur yang umum ditemukan dalam pelayanan kesehatan.

Di antara berbagai spesies dermatofita, *Trichophyton rubrum* merupakan salah satu spesies yang paling sering dilaporkan sebagai penyebab dermatofitosis pada manusia. Dominasi *Trichophyton rubrum* telah dilaporkan di berbagai wilayah dunia maupun Asia karena kemampuannya beradaptasi dengan jaringan berkeratin serta menyebabkan infeksi yang bersifat kronis dan berulang. Di Indonesia, penelitian Rachmawati et al. (2022) melaporkan prevalensi *Trichophyton rubrum* sebesar 17% pada kelompok petani di Kabupaten Garut, sedangkan Sari (2021) melaporkan prevalensi sebesar 34,8% pada pasien dermatofitosis di RSUP Sanglah Denpasar. Tingginya temuan *Trichophyton rubrum* tersebut menunjukkan bahwa spesies ini masih memiliki peran penting dalam kasus dermatofitosis di Indonesia sehingga diperlukan metode diagnostik laboratorium yang mampu mendukung isolasi dan identifikasi jamur secara optimal.

Pemeriksaan kultur merupakan salah satu metode penting dalam identifikasi dermatofita karena memungkinkan pengamatan karakteristik pertumbuhan dan morfologi jamur. Dalam pemeriksaan mikologi, *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) merupakan media standar yang paling umum digunakan untuk isolasi dan pemeliharaan jamur, termasuk *Trichophyton rubrum*. Media ini mengandung pepton sebagai sumber nitrogen dan dextrose sebagai sumber karbon yang mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis jamur secara optimal (Ahmad et al., 2020). Oleh karena itu, SDA telah lama digunakan sebagai media rujukan dalam pemeriksaan mikologi klinis maupun penelitian.

Meskipun efektif dalam mendukung pertumbuhan jamur, penggunaan SDA komersial memiliki keterbatasan dari segi biaya. Salah satu komponen utama SDA adalah pepton, yang umumnya diproduksi melalui proses khusus dan memiliki harga relatif tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan biaya produksi media menjadi lebih besar, terutama apabila digunakan dalam jumlah banyak. Bagi laboratorium dengan keterbatasan anggaran, kebutuhan akan media kultur yang efektif sekaligus ekonomis menjadi tantangan tersendiri. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media alternatif yang tidak hanya mampu mendukung pertumbuhan jamur, tetapi juga memiliki biaya produksi yang lebih rendah.

Pengembangan media alternatif pada prinsipnya dapat dilakukan dengan memanfaatkan bahan yang mengandung sumber karbon dan nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur. Secara umum, jamur filamentosa memerlukan sumber karbon, sumber nitrogen, mineral esensial, dan kondisi fisik yang sesuai untuk mendukung germinasi spora serta pembentukan miselium (Rämä & Quandt, 2021). Dengan terpenuhinya kebutuhan nutrisi tersebut, dermatofita seperti *Trichophyton rubrum* dapat tumbuh dengan baik. Oleh karena itu, bahan yang memiliki kandungan nutrisi serupa dengan komponen penyusun SDA berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar media alternatif.

Salah satu sumber bahan yang berpotensi dimanfaatkan adalah limbah kulit dan kepala udang. Industri pengolahan udang menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar, yaitu sekitar 50-60% dari berat total udang, yang sebagian besar terdiri atas kulit dan kepala udang (Rossi et al., 2024). Limbah tersebut masih mengandung berbagai komponen nutrisi yang bernilai, namun pemanfaatannya masih relatif terbatas. Analisis proksimat menunjukkan bahwa tepung kulit dan kepala udang *Litopenaeus vannamei* mengandung protein sebesar 38,62% dan karbohidrat sebesar 26,27% (Yunus et al., 2021). Kandungan protein yang tinggi menunjukkan potensi limbah tersebut sebagai sumber nitrogen organik, sedangkan kandungan karbohidrat dapat berperan sebagai sumber karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Dwiyanti & Lutpiatina, 2021). Selain memberikan nilai tambah ekonomi, pemanfaatan limbah udang juga mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan limbah dan peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya (Maldonado et al., 2022).

Kandungan nutrisi pada kulit dan kepala udang menunjukkan bahwa bahan tersebut berpotensi dikembangkan sebagai media alternatif untuk pertumbuhan jamur. Melalui proses hidrolisis, protein kompleks dapat diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga berpotensi menyediakan sumber nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh *Trichophyton rubrum*. Dengan demikian, media berbasis hidrolisat limbah kulit dan kepala udang berpotensi menjadi alternatif pengganti SDA, terutama apabila mampu mendukung pertumbuhan jamur dengan biaya produksi yang lebih rendah.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan potensi limbah udang sebagai sumber nutrisi alternatif, kajian yang membandingkan efektivitas biaya (*cost effectiveness*) media berbasis hidrolisat limbah kulit dan kepala udang dengan media SDA terhadap pertumbuhan *Trichophyton rubrum* masih terbatas. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada karakteristik nutrisi limbah udang atau pemanfaatannya sebagai sumber protein, sedangkan aspek efektivitas pertumbuhan jamur dan biaya produksi media belum banyak dievaluasi secara bersamaan. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian yang dapat memberikan informasi mengenai kemampuan media alternatif berbasis limbah kulit dan kepala udang dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum* serta membandingkan efektivitas biayanya dengan media SDA.

Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan media kultur yang efektif, ekonomis, dan memanfaatkan sumber daya lokal menjadi penting untuk mendukung pemeriksaan mikologi yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *cost effectiveness* media alternatif berbasis limbah kulit dan kepala udang dibandingkan dengan media *Sabouraud Dextrose Agar* terhadap pertumbuhan *Trichophyton rubrum*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan media kultur jamur yang lebih ekonomis tanpa mengurangi kemampuan dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum*, sekaligus meningkatkan pemanfaatan limbah udang yang bernilai guna.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian quasi eksperimental dengan pendekatan kuantitatif komparatif yang bertujuan untuk menganalisis perbedaan *cost effectiveness* antara media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) dan media alternatif berbasis limbah kulit dan kepala udang terhadap pertumbuhan *Trichophyton rubrum*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Parasitologi Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Bandung pada periode 22 September hingga 14 November 2025.

Objek penelitian berupa satu strain murni *Trichophyton rubrum* yang dipilih secara purposive dari koleksi laboratorium mikologi, dengan kriteria kultur baik, tidak terkontaminasi, dan layak digunakan sebagai objek uji pertumbuhan. Media yang digunakan terdiri atas media SDA sebagai kontrol dan media alternatif berbasis hidrolisat kulit dan kepala udang dengan variasi konsentrasi 40%, 50%, 60%, 70%, dan 80%.

Hidrolisat limbah kulit dan kepala udang dibuat melalui hidrolisis enzimatis menggunakan enzim papain 3% (b/b). Sebanyak 75 g limbah kulit dan kepala udang yang telah dicuci dan dicacah dicampurkan dengan 300 mL akuades (1:4 b/v), kemudian dihidrolisis pada suhu 55°C selama 6 jam. Aktivitas enzim dihentikan dengan pemanasan pada suhu 90°C selama 20 menit, kemudian campuran disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam untuk memisahkan fase cair dan padat. Fase cair selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dan disimpan dalam botol kaca coklat tertutup rapat hingga digunakan sebagai bahan dasar media alternatif (Ramadhan et al., 2024).

Media alternatif diformulasikan menggunakan hidrolisat pada konsentrasi 40%, 50%, 60%, 70%, dan 80% (v/v) dengan penambahan akuades hingga volume akhir 100 mL. Ke dalam masing-masing formulasi ditambahkan 4 g sukrosa dan 1,5 g agar, kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga homogen. Media disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, didinginkan hingga suhu 50-55°C, kemudian ditambahkan kloramfenikol 0,005 g yang telah dilarutkan dalam 1 mL etanol steril secara aseptik. Media selanjutnya dituangkan ke dalam cawan petri steril sebanyak ± 20 mL per cawan dan dibiarkan memadat sebelum digunakan untuk inokulasi *Trichophyton rubrum*. Inokulasi dilakukan menggunakan teknik *single dot inoculation* secara aseptik. Inokulum diambil dari bagian tepi koloni aktif *Trichophyton rubrum* menggunakan jarum ose lurus (*straight inoculating needle*), kemudian diinokulasikan pada satu titik di bagian tengah media. Seluruh perlakuan menggunakan sumber kultur, umur kultur, teknik inokulasi, dan posisi inokulum yang sama untuk menjaga keseragaman pertumbuhan awal.

Rancangan percobaan menggunakan *post test only control group design*, dengan unit eksperimen berupa cawan petri. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali sehingga total unit eksperimen berjumlah 18 cawan petri. Pertumbuhan jamur diamati secara makroskopik dengan mengukur diameter koloni setiap 24 jam selama 14 hari menggunakan jangka sorong. Pengukuran diameter koloni dilakukan pada dua sumbu yang saling tegak lurus, kemudian nilai diameter koloni ditentukan berdasarkan rata-rata dari kedua hasil pengukuran tersebut. Nilai diameter koloni pada hari ke-14 digunakan sebagai indikator efektivitas pertumbuhan. Konfirmasi morfologi jamur dilakukan melalui pengamatan mikroskopik menggunakan pewarnaan *Lactophenol Cotton Blue* (LPCB).

Data yang dikumpulkan berupa data primer, meliputi diameter koloni *Trichophyton rubrum* (dalam milimeter) dan biaya produksi media (dalam rupiah) yang dihitung berdasarkan kebutuhan bahan baku dan alat habis pakai untuk pembuatan media per satuan volume 200 mL. Analisis data dilakukan secara statistik dan ekonomi. Data diameter koloni diuji normalitasnya menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji *One-way ANOVA*, sedangkan data yang tidak berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis*, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Analisis ekonomi dilakukan menggunakan pendekatan *Cost Effectiveness Analysis* (CEA) dengan *outcome* berupa rerata diameter koloni *Trichophyton rubrum*. Penilaian efektivitas biaya dilakukan menggunakan *Average Cost Effectiveness Ratio* (ACER) dan *Incremental Cost Effectiveness Ratio* (ICER). Apabila hasil uji statistik menunjukkan bahwa pertumbuhan

jamur pada media alternatif setara dengan media SDA, maka penilaian *cost effectiveness* dilakukan menggunakan ACER. Sebaliknya, apabila terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan, maka evaluasi dilakukan menggunakan ICER untuk menentukan kelayakan media alternatif berdasarkan perbandingan biaya dan efektivitas pertumbuhan jamur.

3. Hasil dan Pembahasan

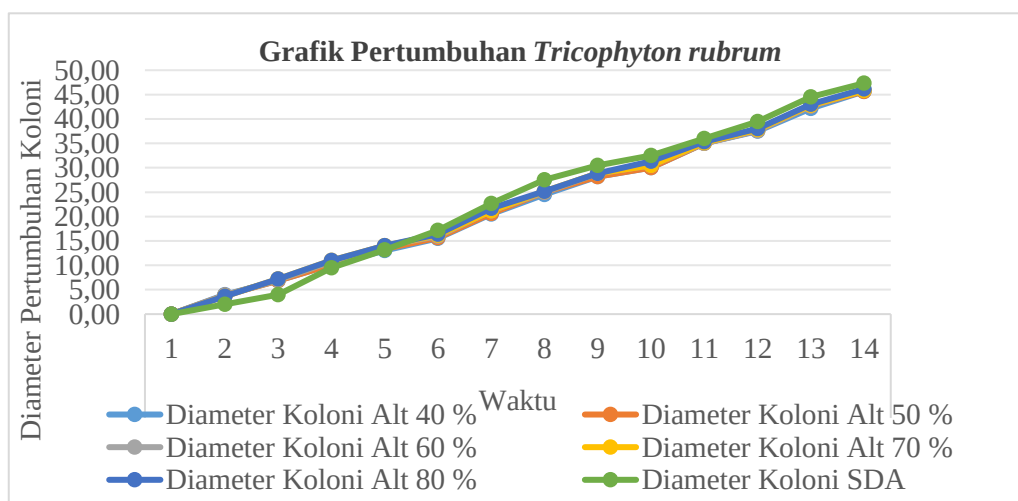
Hasil

Pengamatan secara makroskopis dilakukan dengan cara menghitung diameter pertumbuhan koloni selama 14 (empat belas) hari dengan menggunakan jangka sorong pada media SDA sebagai kontrol dan media alternatif hidrolisat limbah kulit dan kepala udang dengan konsentrasi 40 %, 50 %, 60 %, 70 % dan 80 %.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Diameter Koloni *Tricophyton rubrum*

Waktu (Hari)	Diameter Koloni (mm)					SDA
	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	
1	0	0	0	0	0	0
2	4.00	3.83	3.83	3.67	3.7	2
3	6.83	6.83	7.00	7.17	7.2	4
4	10.17	10.17	10.83	11.00	11.0	9.50
5	13.00	13.33	14.00	14.00	14.0	13.17
6	15.50	15.67	16.00	16.17	16.4	17.17
7	20.50	20.67	21.17	21.17	21.7	22.67
8	24.50	25.00	25.00	25.17	25.2	27.50
9	28.17	28.17	28.83	28.83	28.83	30.50
10	30.00	30.00	30.50	30.50	31.3	32.50
11	35.00	35.00	35.00	35.17	35.3	36.00
12	37.50	37.67	37.67	37.83	38.0	39.50
13	42.17	42.67	42.67	42.83	43.0	44.50
14	45.67	45.67	45.83	45.83	46.17	47.33

Gambar 1 Grafik Pertumbuhan *Tricophyton rubrum*

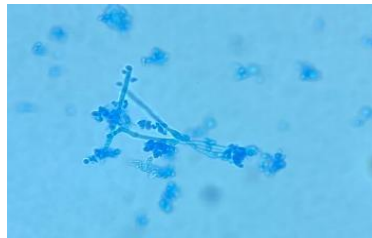


Berdasarkan tabel 1, seluruh media mampu mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum* selama 14 hari inkubasi. Pertumbuhan koloni mulai terlihat pada hari ke-2 pada seluruh media dan terus meningkat secara bertahap hingga akhir masa pengamatan. Pada hari ke-14, media SDA menghasilkan diameter koloni terbesar yaitu 47,33 mm, sedangkan

diameter koloni pada media alternatif berkisar antara 45,67-46,17 mm. Di antara media alternatif yang diuji, konsentrasi 80% menghasilkan diameter koloni terbesar (46,17 mm), sedangkan konsentrasi 40% dan 50% menghasilkan diameter koloni terkecil, masing-masing sebesar 45,67 mm. Secara umum, seluruh konsentrasi media alternatif menunjukkan kemampuan yang relatif sebanding dengan media SDA dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum* selama periode inkubasi.

Berdasarkan gambar 1, seluruh media menunjukkan pertumbuhan koloni *Trichophyton rubrum* mulai hari ke-2. Pada fase awal pengamatan, diameter koloni pada media alternatif cenderung lebih besar dibandingkan media SDA, dengan diameter yang cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi media alternatif. Selanjutnya, pada fase pertumbuhan lanjut, kurva media SDA meningkat lebih cepat dan relatif stabil hingga menghasilkan diameter koloni yang lebih besar pada akhir pengamatan. Sementara itu, media alternatif tetap menunjukkan peningkatan diameter koloni sesuai dengan konsentrasinya, tetapi pertumbuhannya cenderung lebih rendah dibandingkan media SDA pada fase akhir.

Gambar 2 Mikroskopis *Trichophyton rubrum*



Pada gambar 2, pada pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan LPCB dan perbesaran 40x dapat terlihat hifa bersepta dengan dinding halus dan percabangan teratur, serta mikrokonidia berbentuk *tear drop* yang tersusun di sepanjang hifa. Gambaran morfologis ini konsisten dengan karakteristik khas *Trichophyton rubrum*.

Tabel 2 Hasil Rerata Diameter *Trichophyton rubrum* pada hari ke-14

Media	n	Rerata Diameter (mm)	SD
Media Alternatif 40%	3	45,67	0,29
Media Alternatif 50%	3	45,67	0,29
Media Alternatif 60%	3	45,83	0,29
Media Alternatif 70%	3	45,83	0,29
Media Alternatif 80%	3	46,17	0,29
Media SDA	3	47,33	0,58

Tabel 3 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Kelompok Media	Statistik W	p-value	Keterangan
Media Alternatif	0,947	< 0,001	Tidak normal
Media SDA	0,933	0,017	Tidak normal

Karena data berdistribusi tidak normal, analisis perbedaan antar kelompok dilakukan menggunakan uji nonparametrik *Kruskal-Wallis*. Pada tabel 4 dibawah dapat dilihat hasil uji menunjukkan nilai Asymp. Sig. 0.0998 ($p > 0,05$), sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada diameter koloni jamur di antara berbagai konsentrasi media yang digunakan, yang berarti pertumbuhan *Trichophyton rubrum* pada semua media dianggap setara.

Tabel 4 Hasil Uji Statistik Kruskal-Wallis

Statistik	Nilai
H	0,276
Df	5
p-value	0,998

Selain hasil uji statistik, penelitian ini juga melakukan analisis biaya dan efektivitas untuk menilai efisiensi penggunaan masing-masing media. Analisis dilakukan menggunakan perhitungan *Average Cost Effectiveness Ratio* (ACER) dan *Incremental Cost Effectiveness Ratio* (ICER) berdasarkan biaya pembuatan media dan rata-rata diameter koloni pada hari ke-14.

Tabel 5 Hasil Perhitungan ACER dan ICER

Jenis Media	Konsentrasi (%)	Cost per cawan (Rp)	Mean Diameter (mm)	ACER (Rp/mm)	ICER Media Alternatif dibandingkan Media SDA
SDA	0	3.248	47,33	68,62	0
Alternatif 40	40	1.597	45,67	34,97	994,58
Alternatif 50	50	1.885	45,67	41,27	821,08
Alternatif 60	60	2.173	45,83	47,41	716,67
Alternatif 70	70	2.461	45,83	53,70	524,67
Alternatif 80	80	2.749	46,17	59,54	430,17

Pada tabel 5 ditampilkan hasil perhitungan rasio antara biaya pembuatan media dan efektivitas pertumbuhan koloni jamur, yang menghasilkan nilai *Average Cost Effectiveness Ratio* (ACER) pada masing-masing jenis media serta nilai *Incremental Cost Effectiveness Ratio* (ICER) sebagai perbandingan antara media alternatif dan media SDA. Media kontrol menggunakan *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) memiliki nilai ACER sebesar 68,62 Rp/mm, yang menunjukkan biaya yang diperlukan untuk menghasilkan satu milimeter pertumbuhan koloni pada media standar tersebut. Media alternatif memiliki nilai ACER lebih rendah dibandingkan SDA. Konsentrasi 40% memberikan nilai ACER paling efisien yaitu 34,97 Rp/mm, diikuti oleh media alternatif 50% dengan nilai 41,27 Rp/mm, media 60% dengan nilai 47,41 Rp/mm dan media 70% dengan nilai ACER 53,70 Rp/mm. Sementara itu, konsentrasi 80% memiliki nilai ACER tertinggi di antara kelompok media alternatif, yaitu 59,54 Rp/mm.

Berdasarkan hasil perhitungan ICER, terlihat bahwa efisiensi biaya media alternatif meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi hidrolisat yang digunakan. Nilai ICER pada media alternatif konsentrasi 40% adalah 994,58, pada 50% sebesar 821,08, pada 60% sebesar 716,67, pada 70% sebesar 524,67 dan pada 80% sebesar 430,17. Pola penurunan nilai ICER ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi hidrolisat, semakin kecil biaya tambahan yang diperlukan untuk mencapai efektivitas pertumbuhan koloni yang mendekati media SDA.

Pembahasan

Analisis *cost effectiveness* dalam penelitian ini bertujuan untuk menilai kemampuan media alternatif berbasis hidrolisat limbah kulit dan kepala udang dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum* dengan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Konsep *cost effectiveness* digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara biaya yang dikeluarkan dan efektivitas yang dihasilkan,

sehingga suatu media dapat dikatakan lebih *cost effective* apabila mampu menghasilkan efektivitas yang setara atau mendekati media pembanding dengan biaya yang lebih rendah. Dalam penelitian ini, efektivitas biologis media diukur berdasarkan diameter koloni *Trichophyton rubrum* yang dihasilkan selama masa inkubasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media alternatif mampu mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum* pada seluruh konsentrasi yang diuji. Pada fase awal pertumbuhan (hari ke-2 hingga hari ke-5), media alternatif menunjukkan laju pertumbuhan koloni yang lebih tinggi dibandingkan media SDA. Pada hari ke-3, diameter koloni pada media alternatif mencapai 6,83-7,17 mm, sedangkan pada media SDA sebesar 4,00 mm. Temuan ini menunjukkan bahwa media alternatif mampu menyediakan nutrisi yang cukup untuk mendukung aktivitas metabolik dan pertumbuhan awal jamur.

Kemampuan media alternatif dalam mendukung pertumbuhan jamur diduga berkaitan dengan kandungan protein dan senyawa nitrogen organik yang terdapat dalam hidrolisat limbah kulit dan kepala udang. Yunus et al. (2021) melaporkan bahwa limbah kulit dan kepala udang *vannamei* mengandung protein sebesar 38,62% dan karbohidrat sebesar 26,27%, sehingga berpotensi menjadi sumber nitrogen dan karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dalam penelitian ini, hidrolisat cair dengan kadar protein 14,9 g/L digunakan pada konsentrasi 40-80%, sehingga dapat menyediakan nitrogen organik yang berfungsi serupa dengan peptone pada media SDA. Pertumbuhan awal yang lebih cepat pada media alternatif kemungkinan berkaitan dengan tingginya kandungan peptida dan asam amino hasil hidrolisis protein yang lebih mudah dimanfaatkan oleh jamur. Salah satu mekanisme yang dapat berkontribusi adalah *Nitrogen Metabolite Repression* (NMR), yaitu sistem regulasi metabolisme nitrogen yang memungkinkan jamur memanfaatkan sumber nitrogen yang paling mudah diasimilasi sebelum menggunakan sumber nitrogen yang lebih kompleks (Tudzynski, 2014).

Hidrolisat limbah udang juga diketahui mengandung berbagai asam amino bebas yang berpotensi meningkatkan ketersediaan nitrogen organik pada fase awal pertumbuhan. Yuniarti et al. (2021) melaporkan bahwa asam glutamat merupakan salah satu komponen dominan dalam hidrolisat kepala udang dengan konsentrasi 0,55% b/b. Temuan tersebut didukung oleh penelitian Dey dan Dora (2014) yang menunjukkan bahwa hidrolisat protein berbasis limbah udang mengandung asam glutamat, asam aspartat, glisin, dan alanin dalam proporsi yang relatif tinggi. Kandungan asam amino tersebut diduga meningkatkan bioavailabilitas nitrogen organik sehingga mendukung pertumbuhan koloni yang lebih cepat pada fase awal inkubasi.

Pada fase pertumbuhan lanjutan (hari ke-6 hingga hari ke-14), media SDA menunjukkan kecenderungan pertumbuhan koloni yang lebih stabil dibandingkan media alternatif. Pada hari ke-14, diameter koloni media SDA mencapai 47,33 mm, sedangkan media alternatif mencapai 45,67-46,17mm. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik nutrisi media, terutama jenis sumber karbon yang digunakan. SDA mengandung glukosa yang dapat langsung dimanfaatkan melalui jalur glikolisis, sedangkan media alternatif menggunakan sukrosa yang memerlukan proses hidrolisis sebelum dapat digunakan sebagai sumber energi. Selain itu, mekanisme *Carbon Catabolite Repression* (CCR), yang memungkinkan mikroorganisme memprioritaskan penggunaan sumber karbon yang lebih mudah dimanfaatkan, juga dapat turut berkontribusi terhadap pola pertumbuhan yang diamati (Adnan et al., 2018).

Selain faktor sumber karbon, karakteristik nutrisi media setelah proses sterilisasi juga dapat memengaruhi pertumbuhan jamur. Beberapa penelitian melaporkan bahwa proses autoklaf dapat menyebabkan perubahan komponen nutrisi, termasuk penurunan kadar protein dan asam amino bebas. Yeung et al. (2006) melaporkan bahwa sterilisasi panas berpotensi menurunkan kandungan protein terlarut, sedangkan Senz et al. (2019) menunjukkan bahwa pemanasan dapat memicu pembentukan senyawa hasil reaksi Maillard yang berpotensi menurunkan kualitas nutrisi media. López-Sánchez et al. (2016) juga melaporkan bahwa suhu tinggi dapat menyebabkan denaturasi dan agregasi peptida. Oleh karena itu, perubahan karakteristik nutrisi akibat sterilisasi kemungkinan menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap pertumbuhan media alternatif pada fase lanjutan.

Faktor lain yang bisa mempengaruhi pertumbuhan koloni adalah perubahan pH media selama masa inkubasi. Dalam penelitian ini, pH media tidak dipantau secara berkala setelah inokulasi sehingga perubahan pH yang terjadi tidak dapat diketahui secara pasti. Aruna (2018) melaporkan bahwa *Trichophyton rubrum* tumbuh optimal pada kisaran pH tertentu, sedangkan Blechert et al. (2019) menunjukkan bahwa perubahan pH dapat memengaruhi aktivitas metabolisme dan pertumbuhan jamur. Oleh karena itu, perubahan pH selama inkubasi mungkin turut berkontribusi terhadap variasi pertumbuhan yang diamati, meskipun pengaruhnya tidak dapat dipastikan berdasarkan data penelitian ini.

Meskipun terdapat perbedaan pola pertumbuhan pada beberapa fase inkubasi, hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pertumbuhan koloni yang bermakna antara media SDA dan media alternatif ($p = 0,998$). Hasil ini menunjukkan bahwa secara statistik seluruh media memiliki efektivitas biologis yang setara dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum*. Dengan tidak adanya perbedaan efektivitas yang signifikan, pertimbangan pemilihan media menjadi lebih relevan jika ditinjau dari aspek ekonomi melalui analisis *cost effectiveness*.

Analisis *cost effectiveness* menggunakan pendekatan *Average Cost Effectiveness Ratio* (ACER) dan *Incremental Cost Effectiveness Ratio* (ICER) menunjukkan bahwa media alternatif memiliki efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan media SDA. Nilai ACER terendah diperoleh pada media dengan konsentrasi hidrolisat 40%, yaitu sebesar 34,97 Rp/mm, hampir setengah dari nilai ACER media SDA yang mencapai 68,62 Rp/mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media hidrolisat 40% mampu menghasilkan pertumbuhan koloni yang setara dengan biaya yang jauh lebih rendah dibandingkan media SDA. Karena efektivitas biologis antar media tidak berbeda secara signifikan, perbedaan nilai *cost effectiveness* terutama dipengaruhi oleh biaya produksi media. Dengan kata lain, media alternatif mampu menghasilkan luaran biologis yang relatif sama dengan penggunaan sumber daya yang lebih efisien.

Temuan ini sejalan dengan konsep dasar analisis *cost effectiveness* yang menyatakan bahwa suatu alternatif dianggap lebih efisien apabila menghasilkan efektivitas yang setara dengan biaya yang lebih rendah (Drummond et al., 2015; Sanders et al., 2016). Keunggulan ekonomi media alternatif dalam penelitian ini berkaitan dengan pemanfaatan limbah kulit dan kepala udang sebagai bahan baku utama yang memiliki nilai ekonomis rendah dan tersedia dalam jumlah melimpah. Pemanfaatan limbah tersebut tidak hanya menurunkan biaya produksi media, tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah hasil industri perikanan.

Hasil penelitian ini juga mendukung berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan potensi limbah perikanan sebagai sumber nutrisi alternatif untuk media pertumbuhan mikroorganisme. Yunus et al. (2021) menunjukkan bahwa limbah kulit dan kepala udang memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen organik. Dwiyantri dan Lutpiatina (2021) juga melaporkan bahwa bahan alami yang kaya protein dapat digunakan sebagai pengganti peptone komersial dalam media pertumbuhan mikroorganisme. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada kemampuan media dalam mendukung pertumbuhan mikroba, sedangkan penelitian ini menambahkan analisis *cost effectiveness* sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kelayakan penggunaan media alternatif dalam praktik laboratorium.

Berdasarkan hasil analisis ACER dan ICER, media alternatif dengan konsentrasi 40-50% merupakan formulasi yang paling *cost effective* karena memberikan efisiensi biaya tertinggi dengan efektivitas pertumbuhan yang setara dengan media lainnya. Sementara itu, konsentrasi 80% menunjukkan performa biologis yang paling mendekati media SDA meskipun membutuhkan biaya yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hidrolisat limbah kulit dan kepala udang berpotensi dikembangkan sebagai media kultur jamur yang ekonomis, efektif, dan ramah lingkungan, terutama untuk laboratorium pendidikan, penelitian, maupun pelayanan kesehatan dengan keterbatasan anggaran.

4. Simpulan dan Saran

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa Media alternatif berbasis hidrolisat limbah kulit dan kepala udang konsentrasi 40-80% memiliki kemampuan yang setara dengan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) dalam mendukung pertumbuhan *Trichophyton rubrum*. Hasil analisis cost effectiveness menunjukkan bahwa media hidrolisat konsentrasi 40% merupakan formulasi yang paling efisien dengan nilai ACER sebesar 34,97 Rp/mm, lebih rendah dibandingkan media SDA sebesar 68,62 Rp/mm. Dengan efektivitas pertumbuhan yang setara dan biaya produksi yang lebih rendah, hidrolisat limbah kulit dan kepala udang dapat dipertimbangkan sebagai bahan alternatif media kultur *Trichophyton rubrum*.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi lebih lanjut terhadap formulasi media alternatif berbasis hidrolisat limbah kulit dan kepala udang, khususnya terkait variasi konsentrasi hidrolisat dan penyesuaian rasio karbon-nitrogen, agar diperoleh komposisi nutrisi yang lebih stabil dan mendekati performa media *Sabouraud Dextrose Agar* pada fase pertumbuhan lanjutan. Selain itu, evaluasi stabilitas hidrolisat cair selama penyimpanan dan proses sterilisasi perlu dilakukan, termasuk pengamatan terhadap perubahan pH, kandungan protein terlarut, dan potensi degradasi nutrisi akibat pemanasan. Kajian lanjutan juga dapat diarahkan pada uji aplikatif media alternatif terhadap spesies dermatofita lain serta uji reproduktibilitas pada skala laboratorium yang lebih luas, sehingga media alternatif ini dapat dikembangkan secara lebih komprehensif sebagai media kultur jamur yang ekonomis, efektif, dan berkelanjutan.

5. Daftar Pustaka

- Adnan, M., Zheng, W., Islam, W., Arif, M., Abubakar, Y. S., Wang, Z., & Lu, G. (2017). Carbon Catabolite Repression in Filamentous Fungi. *International journal of molecular sciences*, 19(1), 48. <https://doi.org/10.3390/ijms19010048>
- Ahmad, F., Khan, M. S., & Ali, R. (2020). Sabouraud dextrose agar as a standard medium for fungal growth: A review of composition and applicability. *Journal of Medical Mycology*, 30(2), 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2020.101032>
- Aruna, G. L. (2018). Optimization of Environmental Parameters for *Trichophyton rubrum* Growth and its Antigen Production. *Int J Health Sci Res*. 8(1):54-59.
- Blechert, O., Zheng, H., Zheng, H., Zang, X., Wang, Q., Liu, W., Liu, W., & Liu, W. (2019). Influence of the cultivation medium and pH on the pigmentation of *Trichophyton rubrum*. *PLOS ONE*, 14(9).
- Dey, S. S., & Dora, K. C. (2014). Optimization of the production of shrimp waste protein hydrolysate using microbial proteases adopting response surface methodology. *Journal of food science and technology*, 51(1), 16–24. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0455-4>
- Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4th ed.). Oxford University Press.
- Dwiyanti, R. D., & Lutpiatina, L. (2021). Improved Mycology Media Formula of Corn and Cow's Hair For Accelerate Superficial Mycosis Growth. *Medical Laboratory Technology Journal*, 7(2), 123. <https://doi.org/10.31964/mltj.v0i0.391>
- Jartarkar, S. R., Patil, A., Goldust, Y., Cockerell, C. J., Schwartz, R. A., Grabbe, S., & Goldust, M. (2022). Pathogenesis, Immunology and Management of Dermatophytosis. *Journal of Fungi*, 8(1), 39. <https://doi.org/10.3390/jof8010039>
- López-Sánchez, J., Ponce-Alquicira, E., Pedroza-Islas, R., de la Peña-Díaz, A., & Soriano-Santos, J. (2016). Effects of heat and pH treatments and in vitro digestion on the biological

- activity of protein hydrolysates of *Amaranthus hypochondriacus* L. grain. *Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 4298-4307. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2428-0>
- Maldonado, À., Maldonado, J., Yela, R., & Moreno, E. (2022). Circular economy and its impact on environmental sustainability. *Centro Sur*, 6(4), 1-29.
- Rachmawati, F., Nursidika, P., & Fitrianiingsih, P. (2022). Identifikasi Jamur Trichophyton sp. Penyebab Tinea Unguim Pada Petani Desa Mekarluhyu Kabupaten Garut. *Jurnal Penelitian Saintek*, 2(27), 113-118. <https://doi.org/10.21831/jps.v2i27.52528>
- Rämä, T., & Quandt, C. A. (2021). Improving Fungal Cultivability for Natural Products Discovery. *Frontiers in microbiology*, 12, 706044. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706044>
- Ramadhan, D. H., Dewi, E. N., & Purnamayati, L. (2024). Characteristics of Shrimp Head Protein Hydrolysate Flour (*Litopenaeus Vannamei*) with Addition of Different Papain Enzym Concentrations. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(8), 3315-3320. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0824.2204>
- Rossi, N., Grosso, C., & Delerue-Matos, C. (2024). Shrimp Waste Upcycling: Unveiling the Potential of Polysaccharides, Proteins, Carotenoids, and Fatty Acids with Emphasis on Extraction Techniques and Bioactive Properties. *Marine drugs*, 22(4), 153. <https://doi.org/10.3390/md22040153>
- Sanders, G. D., Neumann, P. J., Basu, A., Brock, D. W., Feeny, D., Krahn, M., Kuntz, K. M., Meltzer, D. O., Owens, D. K., Prosser, L. A., Salomon, J. A., Sculpher, M. J., Trikalinos, T. A., Russell, L. B., Siegel, J. E., & Ganiats, T. G. (2016). Recommendations for Conduct, Methodological Practices, and Reporting of Cost-effectiveness Analyses: Second Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine. *JAMA*, 316(10), 1093-1103. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.12195>
- Senz, M., Keil, C., Schmach, M., Palinski, S., Cämmerer, B., & Hageböck, M. (2019). Influence of Media Heat Sterilization Process on Growth Performance of Representative Strains of the Genus *Lactobacillus*. *Fermentation*, 5(1), 20. <https://doi.org/10.3390/fermentation5010020>
- Septiani Surya Puspita Sari, K. E. (2021). Profil dermatofitosis di Poliklinik Kulit dan Kelamin RSUP Sanglah Denpasar periode 2017-2018. *E-Jurnal Medika Udayana*, 10(4), 99. <https://doi.org/10.24843/mu.2021.v10.i4.p17>
- Silva, L. B. B. d., Oliveira, L. S. d., Furlan, T. B. P., Almeida, B. C. T., Garcia, M. T., Song, Y., Peres, N. T. d. A., & Carmo, P. H. F. d. (2026). Dermatophytosis: An Update on Global Epidemiology. *Journal of Fungi*, 12(7), 503. <https://doi.org/10.3390/jof12070503>
- Tudzynski B. (2014). Nitrogen regulation of fungal secondary metabolism in fungi. *Frontiers in microbiology*, 5, 656. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00656>
- Yeung, C. K., Glushka, J., Ball, R. O., & Brosnan, J. T. (2006). Negative effect of heat sterilization on the free amino acid concentrations in total parenteral nutrition solutions. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30(6), 492-496.
- Yuniarti, T., Prayudi, A., Supenti, L., Suhrawardan, H., & Martosuyono, P. (2021). Produksi dan Profil Kimia Hidrolisat Protein dari Hasil Samping Pengolahan Udang Segar. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 63-69.
- Yunus, A. A., Ilza, M., & Karnila, R. (2021). Komposisi kimia tepung kulit dan kepala udang vanname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau*, 1-9.