



Optimasi Pembuatan Ekoenzim dari Limbah Kulit Kopi dan Pepaya

Zahrina Afiya Kamila,¹Hilal Mulyadi,¹Suharti,²Norman Yoshi Haryono^{1*}

¹)Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas NegeriMalang, Jl. Semarang No. 5 Malang 65154, Indonesia

²)Prodi Bioteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UniversitasNegeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang 65154, Indonesia

e-mail: *norman.haryono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Kopi merupakan salah satu produk perkebunan utama Indonesia dengan tingkat konsumsi dunia mencapai 10 juta ton pada 2018-2019. Tingginya produktivitas pengolahan kopi menimbulkan permasalahan limbah kulit kopi yang sejauh ini dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau diolah menjadi pupuk kompos. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan optimasi pembuatan ekoenzim dari kulit kopi dan pepaya sebagai alternatif pemanfaatan limbah organikmelalui 6 tahap, yaitu fermentasi ekoenzim, uji organoleptik, pH, identifikasi fitokimia (alkaloid, flavonoid, tanin, saponin), total fenol, dan uji antibakteri. Fermentasi dilakukan dengan perbandingan komposisi kulit buah, molase, dan air sebesar 3:1:10, selama 2, 3, dan 4 bulan. ekoenzim yang dihasilkan memiliki warna coklat dengan aroma asam pekat. pH pada bulan ke-2 adalah $3,92\pm 0,02$, bulan ke-3 $4,18\pm 0,51$, dan bulan ke-4 $4,09\pm 0,57$. Identifikasi fitokimia menunjukkan hasil positif pada senyawa tanin dan saponin, sementara nilai total fenol pada bulan ke-2 adalah $169,89\pm 6,58$ ppm, bulan ke-3 $168,53\pm 10,70$ ppm, dan bulan ke-4 $138,08\pm 27,84$ ppm. Zona hambat antibakteri pada bulan ke-2 sebesar $14,43\pm 2,71$ mm, bulan ke-3 $37,50\pm 1,32$ mm, bulan ke-4 $8,17\pm 0,76$ mm terhadap *E. coli* dan ke-2 sebesar $15,33\pm 0,58$ mm, bulan ke-3 $9,33\pm 0,58$ mm, bulan ke-4 $7,00\pm 0,00$ mm terhadap *S. aureus*. Berdasarkan hasil uji tersebut, waktu optimal fermentasi ekoenzim kulit kopi dan pepaya adalah 2 bulan.

Kata kunci: ekoenzim, kopi, pepaya, fitokimia, antibakteri.

1. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu produk perkebunan yang banyak diolah dengan tingkat konsumsi dunia mencapai 10 juta Ton pada tahun 2020- inovasi, dan penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sejauh ini limbah kulit kopi banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau diolah menjadi pupuk kompos. Beberapa pihak juga mengolah kulit kopi menjadi kaskara dan 2021 [1]. Berkaitan dengan hal itu, Indonesia menjadi salah satu negara pengeksport kopi terbesar ke-4 setelah Brazil, Vietnam, dan Colombia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tercatat sebanyak 774,6 ribu Ton kopi telah diproduksi pada tahun 2021 [2]. Tingginya produktivitas dan pengolahan kopi tersebut menimbulkan permasalahan limbah, terutama kulit kopi yang proporsinya mencapai 40-45% buah kopi [3].

Limbah kulit kopi yang tidak dikelola dengan baik akan menumpuk dan mencemari lingkungan. Kasus pembuangan limbah kulit kopi ke sungai telah terjadi di Kabupaten Rejang Lebong, Bengkulu dan Tangerang, Banten [4], [5]. Berbagai kebijakan, produk inovatif lain seperti tepung roti [6], selai [7], adsorben [8], dan pewarna tekstil [9].

Salah satu metode sederhana pemanfaatan limbah organik adalah melalui pembuatan ekoenzim, yaitu larutan kompleks hasil fermentasi limbah organik, gula, dan air. Limbah organik seperti kulit buah mengandung makronutrien karbohidrat, protein, lipid, dan serat yang dapat menjadi media pertumbuhan mikroba [10]. Selama proses fermentasi, mikroba-mikroba tersebut menghasilkan berbagai jenis senyawa, enzim, dan metabolit sekunder yang menyebabkan ekoenzim berpotensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai hal, seperti pupuk, pestisida [11], disinfektan [12], sabun dan sampo [13]. Selain itu, metode ini dapat diterapkan oleh berbagai kalangan karena tidak memerlukan peralatan khusus dan lahan yang luas.

Berbagai jenis campuran limbah organik telah diteliti untuk menghasilkan ekoenzim dengan aktivitas desinfeksi yang optimal, seperti campuran kulit nanas, pepaya, dan jeruk [12]; campuran kulit jeruk, jeruk nipis, dan lemon [14]; campuran nanas, pepaya, dan pisang [15]; campuran kulit rambutan, labu siam, dan tongkol jagung [16]. Penelitian ini menggabungkan limbah kulit kopi dan kulit pepaya sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim. Pepaya merupakan buah yang kerap tumbuh di pekarangan rumah dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Selain itu, kandungan papain dalam pepaya memiliki aktivitas proteolitik yang dapat mengganggu integritas fisik zat polimer ekstraseluler (EPS) bakteri sehingga menyebabkan kematian sel [17].

Secara umum fermentasi ekoenzim dilakukan selama tiga bulan. Diketahui pada bulan pertama ekoenzim akan menghasilkan alkohol, pada bulan kedua menghasilkan cuka, dan pada bulan ketiga menghasilkan enzim [12]. Fermentasi pada penelitian ini akan dilakukan selama 2, 3, dan 4 bulan untuk melihat kandungan fitokimia dan aktivitas antibakteri ekoenzim pada bulan sebelum dan setelah waktu fermentasi optimal ekoenzim secara umum, yaitu selama tiga bulan.

2. Metode

2.1. Bahan Percobaan

Bahan baku pembuatan ekoenzim berupa kulit buah kopi yang didapat dari perkembunan kopi Sumberdem, kulit pepaya matang, molase, dan akuades.

2.2. Alat Percobaan

Alat yang diperlukan adalah kontainer, selang, dan botol untuk pembuatan fermentor; peralatan gelas seperti tabung reaksi, gelas ukur, gelas piala, Erlenmeyer, pipet, cawan petri; peralatan lain seperti timbangan, pH meter, stopwatch, mikropipet; dan instrumen seperti vortex (Dragon Lab MX-5), sentrifus (80-1 Table Top Low Speed), spektrofotometer UV-Vi (B-ONE Vis 50 DA), autoklaf, lemari laminar, dan inkubator.

2.3. Prosedur Fermentasi

Fermentasi dilakukan dalam fermentor buatan dengan cara memberi selang pada kontainer dan disalurkan pada botol berisi air. Hal tersebut bertujuan agar dapat mengeluarkan gas hasil fermentasi meskipun dalam kondisi anaerob.

Rasio antara campuran kulit kopi dan pepaya, molase, dan air adalah 3: 1: 10. Setelah dicampur sempurna, fermentor ditutup dan dibiarkan dalam ruangan selama 2, 3, dan 4 bulan. Ekoenzim yang telah difermentasi kemudian disaring untuk digunakan pada pengujian tahap selanjutnya.

2.4. Prosedur Uji Organoleptik dan pH

Uji organoleptik dilakukan dengan cara mengidentifikasi warna dan aroma ekoenzim menggunakan indera secara langsung, sementara pH diukur menggunakan pH meter.

2.5. Prosedur Identifikasi Fitokimia

Senyawa fitokimia yang diidentifikasi secara kualitatif adalah alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin. Identifikasi alkaloid dilakukan dengan menambahkan 1-2 mL reagen Dragendorff pada 3 mL sampel untuk membentuk endapan cokelat kemerahan. Flavonoid dideteksi menggunakan larutan NaOH 2% (b/v) untuk menghasilkan larutan berwarna kuning tajam, kemudian ditambahkan HCl encer untuk menghasilkan larutan bening. Identifikasi tanin dilakukan dengan menambahkan 3 mL akuades dan 3 tetes larutan FeCl₃ 10% (b/v) untuk menghasilkan larutan berwarna biru kehijauan. Saponin dideteksi dengan cara mengocok 2 mL sampel dengan kuat agar membentuk buih yang akan bertahan selama 10 menit.

2.6. Prosedur Uji Total Fenol

Kandungan fenol dalam ekoenzim diukur secara kuantitatif menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Larutan standar asam galat dibuat dengan cara melarutkan 50 mg asam galat dengan 1 mL etanol 96%, kemudian ditambahkan akuades hingga 50 mL untuk mendapatkan larutan induk 1000 ppm. Dari larutan induk tersebut, dibuat larutan standar dengan variasi konsentrasi 0, 75, 100, 125, 150, 175, 200, dan 225 ppm. Sebanyak 0,2 mL masing-masing konsentrasi larutan standar dipindahkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 0,8 mL akuades dan 1 mL Folin-Ciocalteu. Larutan didiamkan selama 8 menit. Selanjutnya 3 mL Na₂CO₃ 10% (b/v) ditambahkan dan didiamkan kembali selama 2 jam dalam ruang gelap. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 765 nm.

Prosedur pengukuran total fenol pada sampel dilakukan melalui prosedur yang sama dengan pembuatan larutan standar. Debris dan ampas ekoenzim dipisahkan dari larutan menggunakan sentrifus selama 2-3 menit dengan kecepatan 10.000 rpm, kemudian diambil 1 mL untuk diencerkan sampai 10x. Selanjutnya sebanyak 0,2 mL dipindahkan ke dalam tabung reaksi untuk ditambahkan dengan reagen Folin-Ciocalteu dan larutan Na₂CO₃.

2.7. Prosedur Uji Antibakteri

Metode agar disc-diffusion digunakan dalam uji aktivitas antibakteri ekoenzim terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Sebanyak satu ose bakteri diinokulasikan ke dalam media NB dan diinkubasi hingga mendapatkan OD₆₀₀ sebesar 0,6. Selanjutnya sebanyak 100 µL suspensi dituang ke atas media NA dan diratakan menggunakan cotton buds. Paper disc berukuran 6,50 mm yang telah dicelupkan ke dalam sampel kemudian disusun di atas agar. Pengukuran zona hambat dilakukan setelah inkubasi selama 24 jam. Antibiotik kloramfenikol digunakan sebagai kontrol positif dalam pengujian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. menunjukkan hasil uji organoleptik ekoenzim. Secara umum ekoenzim memiliki karakteristik warna cokelat gelap dan aroma asam. Aroma asam pada ekoenzim berkaitan dengan nilai pH-nya. Tingkat keasaman suatu larutan dipengaruhi oleh kandungan asam organik seperti asam laktat, asam sitrat, dan asam asetat di dalamnya. Artinya semakin tinggi kandungan asam organik, maka semakin rendah nilai pH larutan [18]. Selama proses

fermentasi, terjadi proses glikolisis di mana glukosa diuraikan menjadi asam piruvat. Dalam kondisi anaerob, asam piruvat diubah menjadi alkohol. Selanjutnya alkohol akan diubah menjadi asam laktat oleh bakteri asam laktat (BAL) yang terdapat secara alami pada kopi dan pepaya [19], [20]. Keberhasilan fermentasi ekoenzim dapat dilihat dari warna larutan yang cokelat keruh, beraroma buah, dan bersifat asam atau memiliki $\text{pH} < 4$ [21]. Hasil fermentasi ekoenzim kulit kopi dan pepaya menunjukkan ciri ciri serupa pada bulan ke-2 dengan pH sebesar 3,92.

Pada tabel 1 menjelaskan hasil uji identifikasi fitokimia menunjukkan adanya senyawa tanin dan saponin dalam ekoenzim. Kulit kopi mengandung senyawa kafein, tanin, polifenol, pektin, monosakarida, dan disakarida [22]. Kandungan tanin pada kulit kopi adalah sebesar 7,8% [23]. Dalam penelitian lain disebutkan kandungan tanin pada kulit kopi mencapai 10,05% [22]. Tanin memiliki aktivitas antioksidan yang disebabkan oleh banyaknya gugus hidroksil fenolik pada strukturnya. Tanin juga ditemukan pada kulit pepaya. Penelitian terdahulu menunjukkan kandungan tanin pada kulit pepaya matang adalah 76,89 mg/100 g [24]. Selain itu, kulit pepaya juga mengandung flavonoid, alkaloid, dan saponin. Kandungan saponin pada kulit pepaya matang secara signifikan lebih tinggi daripada kulit pepaya mentah, yaitu sebesar 9,69 mg/100 g, sementara kandungan alkaloid lebih tinggi pada kulit pepaya mentah. Alkaloid juga ditemukan lebih banyak di biji pepaya daripada kulitnya [25]. Alkaloid tidak terdeteksi pada ekoenzim kulit kopi dan pepaya. Hal tersebut diduga karena rendahnya kandungan alkaloid sehingga tidak terbentuk endapan cokelat kemerahan pada sampel setelah penambahan reagen Dragendorff. Alasan lain yang menjelaskan hal tersebut adalah karena reagen Dragendorff memiliki sensitifitas rendah dan tidak spesifik terhadap beberapa alkaloid [26].

Uji identifikasi flavonoid juga tidak menunjukkan hasil positif (perubahan warna larutan menjadi kuning tajam) setelah penambahan NaOH 2%. Pada penelitian sebelumnya ditemukan bahwa flavonoid hanya terdeteksi pada ekstrak pepaya dengan pelarut petroleum eter dan heksana yang memiliki kesamaan sifat, yaitu nonpolar [27]. Pada uji kuantitatif, jumlah flavonoid paling rendah didapatkan pada ekstrak pepaya menggunakan pelarut etanol. Sementara itu, ekoenzim mengandung banyak etanol yang dihasilkan oleh mikroba selama proses fermentasi. Hal tersebut menjelaskan alasan tidak ditemukannya flavonoid dalam ekoenzim kulit kopi dan pepaya.

Tabel 3 menjelaskan Uji aktivitas antibakteri ekoenzim terhadap *E. coli* dan *S. aureus* menghasilkan zona hambat dengan besar diameter ditunjukkan pada Tabel 4. Kontrol positif menggunakan antibiotik kloramfenikol menghasilkan diameter rata-rata $23,00 \pm 2,00$ mm terhadap *E. coli* dan $27,33 \pm 3,06$ mm terhadap *S. aureus*. Zona hambat paling besar dihasilkan oleh ekoenzim bulan ke-2, yaitu sebesar $14,43 \pm 2,71$ mm terhadap *E. coli* dan $15,33 \pm 0,58$ mm terhadap *S. aureus*. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori pengaruh inhibisi kuat.

Pada gambar 1 menjelaskan hasil uji aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri disebabkan oleh asam organik dan senyawa fenolik dalam ekoenzim. Asam organik bersifat amfifilik, mengandung gugus karboksil dan rantai hidrokarbon, sehingga dapat menembus membran sel dan mengganggu keseimbangan konsentrasi proton dan anion dalam sitoplasma [30]. Saponin dan senyawa fenolik juga berperan dalam pembentukan zona hambat. Aktivitas antibakteri saponin berkaitan dengan sifat biologisnya sebagai detergen. Saponin dapat menembus membran lipid bilayer dan berikatan dengan kolesterol [31]. Sementara itu, senyawa fenolik dapat merusak membran bakteri, menghambat faktor virulensi seperti enzim dan racun, serta menekan pertumbuhan biofilm bakteri [32]. Tanin secara khusus dapat berikatan dengan berbagai protein dalam sel melalui interaksi hidrofobik dan ikatan hidrogen. Hal tersebut

akan mengganggu proses metabolisme bakteri [33]. *E. coli* dalam uji ini mewakili bakteri Gram negatif, sementara *S. aureus* mewakili spesies bakteri Gram positif, sehingga ekoenzim dari limbah kulit kopi dan kulit pepaya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai disinfektan karena memiliki daya hambat yang kuat terhadap bakteri Gram negatif dan Gram positif.

3.1. Gambar dan Tabel

Tabel 1. Nilai pH ekoenzim

Sampel bulan ke-	Warna	Aroma	pH
2	Cokelat kehitaman	Asam manis seperti madu	3,92±0,02
3	Cokelat kehitaman	Asam tajam sedikit manis	4,18±0,51
4	Cokelat kehitaman	Asam busuk	4,09±0,57

Tabel 2. Hasil idenifikasi fitokimia

Senyawa	Sampel bulan ke-		
	2	3	4
Alkaloid	-	-	-
Flavonoid	-	-	-
Tanin	+	+	+
Saponin	+	+	+

Tabel 3. Nilai total fenol ekoenzim

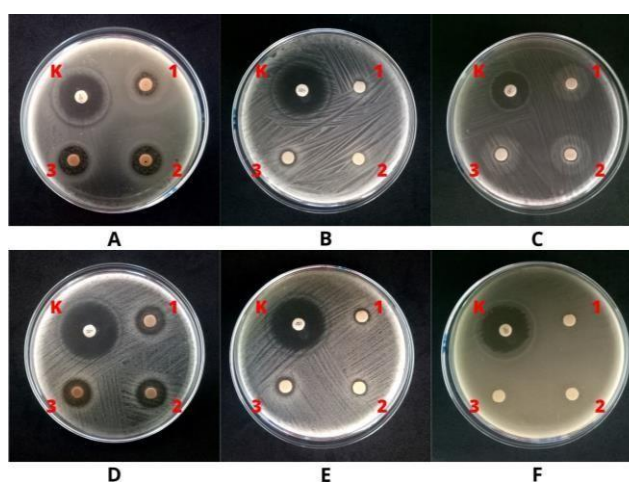
Sampel bulan ke-	Total fenol (ppm)
2	169,89±6,58
3	168,53±10,70
4	138,08±27,84

Tabel 4. Diameter zona hambat uji aktivitas enzim

Sampel bulan ke-	Diameter zona hambat (mm)	
	<i>E.coli</i>	<i>S. aureus</i>
2	14,43±2,71	15,33±0,58
3	7,50±1,32	9,33±0,58
4	8,17±0,76	7,00±0,00

Deskripsi kategori ukuran diameter zona hambat menurut Davis dan Stout (1971):

- Zona hambat > 20 mm = sangat kuat
- Zona hambat 10 – 20 mm = kuat
- Zona hambat 5 – 10 mm = sedang
- Zona hambat < 5 mm = lemah



Gambar 1. Hasil uji aktivitas antibakteri; (A) ekoenzim bulan ke-2 terhadap *E.coli*; (B) ekoenzim bulan ke-3 terhadap *E. coli*; (C) ekoenzim bulan ke-4 terhadap *E. coli*; (D) ekoenzim bulan ke-2 terhadap *S. aureus*; (E) ekoenzim bulan ke-3 terhadap *S. aureus*; (F) ekoenzim bulan ke-4 terhadap *S. aureus*.

4. Kesimpulan

Fermentasi kulit kopi dan pepaya selama 2, 3, dan 4 bulan menghasilkan ekoenzim berwarna coklat gelap dan beraroma asam. Nilai pH paling rendah ditunjukkan pada bulan ke-2, yaitu 3,92. Sementara itu, kandungan fitokimia yang terdeteksi adalah saponin dan tanin, serta tidak mengalami perubahan hingga bulan ke-4. Total senyawa fenol paling tinggi adalah pada bulan ke-2, yaitu 169,89±6,58 ppm, dan mengalami penurunan pada bulan berikutnya. Aktivitas antibakteri juga menunjukkan penurunan dengan bertambahnya waktu fermentasi. Zona hambat paling besar terbentuk pada bulan ke-2, yaitu sebesar 14,43±2,71 mm terhadap *E. coli* dan 15,33±0,58 mm terhadap *S. aureus*. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori pengaruh inhibisi kuat. Maka dari itu, waktu optimal pembuatan ekoenzim limbah kulit kopi dan kulit pepaya adalah 2 bulan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam selaku pemberi hibah penelitian, serta segala pihak terkait yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] I. C. Organization, "International Coffee Organization," ico.org, 2022. <https://www.ico.org/> (diakses 25 Agustus 2022).
- [2] M. I. Mahdi, "Produksi Kopi Indonesia Naik 2,8% pada 2021," DataIndonesia.id, 2022. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/produksi-kopi-indonesia-naik-28-pada-2021> (diakses 25 Agustus 2022).
- [3] K. dan J. S. Simanihuruk, "Silase Kulit Buah Kopi sebagai Pakan Dasar pada KambingBoerka Sedang Tumbuh," Semin. Nas. Teknol. Peternak. dan Vet., hal. 557–566, 2010.
- [4] "Mahasiswa minta pencemaran limbah ampas kopi diusut," 2018. <https://www.antaranews.com/berita/711142/mahasiswa-minta-pencemaran-limbah-ampas-kopi-di-usut> (diakses 25 Agustus 2022).
- [5] S. Fauziah, "Ini Dampak Bahaya Limbah Kopi Jika Dibuang Sembarangan ke Sungai," Brilio.net, 2017. <https://www.brilio.net/duh/ini-dampak-bahaya-limbah-kopi-jika-dibuang-sembarangan-ke-sungai-170122d.html> (diakses 25 Agustus 2022).
- [6] S. Nasional dan T. Riset, "Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Tepung Roti untuk Pemberdayaan Ibu Rumah Tangga di Desa Kemuning Lor Kabupaten Jember," vol. 7, no. 3, hal. 39–49, 2021.
- [7] L. Suriati, I. G. P. Mangku, I. D. G. Y. Ardana, dan I. W. W. Putra, "Pengembangan Produk Selai Kulit Kopi pada Kelompok Unit Produksi Pengolahan Catur Paramitha Desa Catur Kintamani Bali," LOGISTA - J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy., vol. 5, no. 2, hal. 63, 2021, doi: 10.25077/logista.5.2.63-68.2021.
- [8] A. Y. Admaja, *Perlakuan Beda Massa dan Waktu Kontak Adsorben Karbon Aktif Kulit Kopi pada Penanganan Air Limbah Pengolahan Kopi*. 2020.
- [9] F. Ma'alhunah dan A. Hendrawan, "Pengolahan Limbah Kulit Kopi Arabica sebagai Pewarna Alam pada Produk Fesyen," vol. 6, no. 2, hal. 2135–2144, 2019.
- [10] I. A. Hanifah, N. P. V. Primarista, S. Prasetyawan, A. Safitri, T. Adyati, dan A.Srihadyastutie, "The Effect of Variations in Sugar Types and Fermentation Time on Enzyme Activity and Total Titrated Acid on Eco-Enzyme Results of Fermentation," Proc. 7th Int. Conf. Biol. Sci. (ICBS 2021), vol. 22, no. IcbS 2021, hal. 585–589, 2022, doi: 10.2991/absr.k.220406.084.
- [11] R. Noveriza dan M. Melati, "Potensi Pemanfaatan Ekoenzim Air Cucian Beras (Acb) Sebagai Biopestisida Dan Biofertilizer," Pros. Semin. Nas. MIPA UNIPA, vol. 2022, hal. 44–54, 2022, doi: 10.30862/psnmu.v7i1.7.
- [12] Rusdianasari, A. Syakdani, M. Zaman, F. F. Sari, N. P. Nasyta, dan R. Amalia, "Production of Disinfectant by Utilizing Eco-enzyme from Fruit Peels Waste," Int. J. Res. Vocat. Stud., vol. 1, no. 3, hal. 01–07, 2021, doi: 10.53893/ijrvocas.v1i3.53.
- [13] Y. N. Chandra, C. D. Hartati, G. Wijayanti, dan H. G. Gunawan, "Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Organik Menjadi Bahan Pembersih Rumah Tangga," Pros. Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy., vol. 1, no. 2011, hal. 77, 2020.
- [14] L. Vama dan M. N. Cherekar, "Production, Extraction and Uses of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth from Waste," Asian Jr. Microbiol. Biotech. Env. Sc., vol. 22, no. 2, hal. 346–351, 2020.

- [15] N. Ginting, "Eco-enzyme Disinfection in Pig Housing as an Effort to Suppress *Esherechia coli* Population Eco-enzyme Preparation," no. 2020, hal. 283–287, 2021.
- [16] M. R. Rahayu, I. N. Muliarta, dan Y. P. Situmeang, "Acceleration of Production Natural Desinfectants from the Combination of Eco-Enzyme Domestic Organic Waste and Frangipani Flower (*Plumeria alba*)," *Sustain. Environ. Agric. Sci.*, vol. 05, no. 01, hal. 15– 21, 2021.
- [17] H. A. K. Mavani et al., "Antimicrobial Efficacy of Fruit Peels Eco-Enzyme against *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 14, hal. 5107, Jul 2020, doi: 10.3390/ijerph17145107.
- [18] L. H. Fern, W. Azlina, W. Ab, dan K. Ghani, "Production and Characterization of Eco Enzyme Produced from Tomato and Orange Waste and Its Influence on the Aquaculture Sludge," vol. 10, no. 03, hal. 967–980, 2019.
- [19] K. M. Santosa, Supriyadi, S. Anggrahini, dan Y. Rahmadian, "Sensory Analysis, Caffeine, Chlorogenic Acid and Non-Volatile Taste Compounds of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) Fermented with Sugar Addition for Brew Taste," *Indones. Food Nutr. Prog.*, vol. 17, no. 2, hal. 45, 2021, doi: 10.22146/ifnp.58664.
- [20] J. Yang, H. Tan, dan Y. Cai, "Characteristics of Lactic Acid Bacteria Isolates and Their Effect on Silage Fermentation of Fruit Residues," *J. Dairy Sci.*, vol. 99, no. 7, hal. 5325– 5334, 2016, doi: 10.3168/jds.2016-10952.
- [21] I. Safitri, A. Yuliono, M. S. J. Sofiana, S. Helena, A. A. Kushadiwijayanto, dan W. Warsidah, "Peningkatan Kesehatan Masyarakat Teluk Batang secara Mandiri melalui pembuatan Handsanitizer dan Desinfektan berbasis Eco-Enzyme dari Limbah Sayuran dan Buah," *J. Community Engagem. Heal.*, vol. 4, no. 2, hal. 371–377, 2021, doi: 10.30994/jceh.v4i2.248.
- [22] A. R. Prihadi, A. Maimulyanti, B. Mellisani, dan Nurhasanah, "Antioxidant Activity, Tannin Content and Dietary Fiber from Coffee Husk Extract and Potential for Nutraceutical," *Rasayan J. Chem.*, vol. 13, no. 2, hal. 955–959, 2020, doi: 10.31788/RJC.2020.1325613.
- [23] F. Kaligis, J. F. Umboh, C. J. Pontoh, dan C. A. Rahasia, "Pengaruh Substitusi Dedak Halus dengan Tepung Kulit Buah Kopi dalam Ransum terhadap Kecernaan Energi dan Protein pada Ternak Babi Fase Grower," *Zootec*, vol. 37, no. 2, hal. 199, 2017, doi: 10.35792/zot.37.2.2017.15787.
- [24] A. O. Akintunde, P. Kolu, I. A. Akintunde, dan S. A. Adewole, "Evaluation of the Nutritive Values of Carica Papaya Fruit peels as A Potential Ingredient in Livestock Nutrition," vol. 24, no. 32, hal. 104–113, 2022.
- [25] L. Hayatie, A. Biworo, dan E. Suhartono, "Aqueous Extracts of Seed and Peel of Carica Papaya A gainst *Aedes Aegypti*," vol. 4, no. 5, hal. 417–421, 2015, doi: 10.12720/jomb.4.5.417-421.
- [26] N. Zhang, M. Wang, Y. Li, M. Zhou, T. Wu, dan Z. Cheng, "TLC–MS identification of alkaloids in Leonuri Herba and Leonuri Fructus aided by a newly developed universal derivatisation reagent optimised by the response surface method," *Phytochem. Anal.*, vol. 32, no. 3, hal. 242–251, 2021, doi: 10.1002/pca.2970.
- [27] E. Lydia, S. John, R. Mohammed, dan S. Thiyagarajan, "Investigation on the Phytochemicals Present in the Fruit Peel of Carica papaya and Evaluation of Its Antioxidant and Antimicrobial Properties," no. January, 2016, doi: 10.4103/2278- 344X.194127.
- [28] M. Rebollo-Hernanz et al., "Revalorization of Coffee Husk: Modeling and Optimizin the Green Sustainable Extraction of Phenolic Compounds," *Foods*, vol. 10, no. 3, 2021, doi: 10.3390/foods10030653.
- [29] W. Leonard, P. Zhang, D. Ying, B. Adhikari, dan Z. Fang, "Fermentaton Transforms the Phenolic Profiles and Bioactivities of Plant-Based Food," *Biotechnol. Adv.*, vol. 49, no. May, hal. 107763, 2021, doi: 10.1016/j.biotechadv.2021.107763.
- [30] M. Gómez-García et al., "Antimicrobial Activity of a Selection of Organic Acids, Their Salts and Essential Oils againts Swine Enteropathogenic Bacteria," *Porc. Heal. Manag.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–8, 2019, doi: 10.1186/s40813-019-0139-4.
- [31] M. Arabski, A. Węgierek-Ciuk, G. Czerwonka, A. Lankoff, dan W. Kaca, "Effects of Saponins against Clinical *E. coli* strains and Eukaryotic Cell Line," *J. Biomed. Biotechnol.*, vol. 2012, 2012, doi:

10.1155/2012/286216.

- [32] M. Mikłasińska-Majdanik, M. Kępa, R. D. Wojtyczka, D. Idzik, dan T. J. Wąsik, "Phenolic Compounds Diminish Antibiotic Resistance of Staphylococcus aureus Clinical Strains," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 10, 2018, doi: 10.3390/ijerph15102321.
- [33] B. Kaczmarek, "Tannic Acid with Antiviral and Antibacterial Activity as A Promising Component of Biomaterials - A Minireview," 2020.