

Optimasi ampas jahe merah (*Zingiber officinale var rubrum*) sebagai essential oils terintegrasi metode EAE (*enzyme – assisted extraction*) dan destilasi fraksinasi

Optimization of red ginger dregs (*Zingiber officinale var rubrum*) as essential oils integrated with EAE (*enzyme-assisted extraction*) and fractional distillation methods

Miftah Chuddin¹, Muh. Aniar Hari Swasono²

¹ Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Yudharta Pasuruan

*Email korespondensi: d2nm1ft4h@gmail.com

Informasi artikel :

Dikirim: 10/07/2023; disetujui: 15/09/2023; diterbitkan: 30/09/2023

ABSTRACT

Ginger dregs left over from processing ginger commodities contain a bioactive compound, namely zingiberene, which has the potential to be used as a functional product in the form of essential oil. The aim of this research was to determine the effect of treatment with variations in cellulase enzyme concentration and duration of enzymatic extraction (Enzyme-assisted extraction) on the yield characteristics, acid number and refractive index of red ginger dregs oil. This research used a factorial group experimental design (RAK) consisting of 2 factorials, namely the concentration of cellulase enzyme powder (1%, 1.5% and 2%) and the duration of EAE (Enzyme-assisted extraction) extraction (130 minutes and 180 minutes) with 3 repetitions, resulting in 6 treatment combinations and 18 experiments.. The analysis carried out in this study was an analysis of the percentage yield of red ginger dregs essential oil and an analysis of the quality including the value of the acid number and refractive index. The results showed that the concentration of the cellulose enzyme with the duration of the EAE extraction produced yield percentages ranging from 19.13% - 38.3%, percentages of acid numbers ranging from 1.25 - 1.93 mgKOH/g and refractive index ranging from 1.08 - 1.30. The effectiveness test showed that the best treatment was achieved by treatment code X2Y3 with a treatment factor (EAE extraction duration of 180 minutes: 2% cellulosic enzyme concentration) with NP parameters (productivity value) yield 0.34, acid number 0.29 and refractive index 0.37.

Keywords: cellulase enzyme, EAE extraction, fractional distillation, red ginger dregs

ABSTRAK

Ampas jahe sisa hasil pengolahan komoditas jahe mengandung senyawa bioaktif yaitu zingiberen yang berpotensi untuk dijadikan produk fungsional berupa minyak atsiri. Tujuan penelitian ini untuk *mengetahui* pengaruh perlakuan variasi konsentrasi enzim selulase dan durasi ekstraksi enzimatis (*Enzyme-assisted extraction*) terhadap karakteristik rendemen, bilangan asam dan indeks bias minyak ampas jahe merah. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari 2 faktorial yaitu konsentrasi bubuk enzim selulase (1%, 1,5% dan 2%) dan durasi ekstraksi EAE (*Enzyme-assisted extraction*) (130 menit dan 180 menit) dengan 3 kali ulangan, sehingga diperoleh 6 kombinasi perlakuan dan 18 percobaan. Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa persentase rendemen minyak atsiri ampas jahe merah dan analisa mutu meliputi nilai bilangan asam dan indeks bias. Hasil menunjukkan perlakuan konsentrasi enzim selulase dengan durasi ekstraksi EAE

menghasilkan persentase rendemen berkisar 19,13% - 38,3%, persentase bilangan asam berkisar 1,25 – 1,93 mgKOH/g dan indeks bias berkisar 1,08 – 1,30. Uji efektivitas menunjukkan perlakuan terbaik diraih oleh perlakuan kode X2Y3 dengan faktor perlakuan (durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 2%) dengan parameter NP (Nilai produktivitas) rendemen 0,34, bilangan asam 0,29 dan indeks bias 0,37.

Kata kunci: ampas jahe merah, *destilasi* fraksinasi, ekstraksi EAE, enzim selulase

PENDAHULUAN

Jahe adalah tanaman yang termasuk dalam famili Zingiberaceae dan genus Zingiber dan telah lama dimanfaatkan sebagai obat – obatan dan rempah – rempah. Akan tetapi dalam pemanfaatannya sebagai produk olahan makanan, kosmetik, sediaan obat maupun *essential oils* masih meninggalkan produk residu atau limbah organik yang disebut dengan ampas jahe. Limbah ampas jahe yang tidak segera akan memicu terbentuknya air lindi. Air lindi yang terbentuk mengandung senyawa toksik yang bersumber dari mikroorganisme patogen seperti genus bakteri aerob seperti *Streptococcus*, *Escherichia*, *Pseudomonas* dan *Proteus* (Daryat *et al.*, 2017).

Limbah ampas jahe memiliki potensi untuk dijadikan produk fungsional seperti minyak atsiri. Menurut literatur jurnal ilmiah terdahulu ampas jahe mengandung minyak atsiri, fixed oil serta senyawa aktif terpen dan fenolik (Fauziyah *et al.*, 2022). Untuk mendapatkan minyak atsiri (minyak jahe) dari ampas jahe diperlukan metode yang efektif dan efisien, metode tersebut adalah ekstraksi enzimatis EAE (*Enzyme assisted extraction*) dengan bantuan enzim selulase dan metode destilasi fraksinasi. Penggunaan ekstraksi EAE dengan enzim selulase disebabkan pada ampas jahe masih mengandung selulosa 3,8 – 4,3% (Konar *et al.*, 2013), selulosa ini memiliki ikatan linier yang kuat sehingga sulit untuk diputus ketika proses ekstraksi, selain itu juga komponen senyawa aktif oleoresin dan minyak jahe terkandung pada sel sekretori jaringan parenkim yang dinding selnya terdiri atas selulosa (Aryani *et al.*, 2020). Untuk meningkatkan efektivitas hidrolisis

selulosa perlu digunakannya enzim selulase untuk menurunkan derajat kristalinitas selulosa yang kemudian dikonversi ke fase amorf selulosa (Fatriasari *et al.*, 2019). Dengan demikian penggunaan metode EAE dengan enzim selulase pada proses ekstraksi minyak atsiri (*ginger oil*) berbasis ampas jahe, diharapkan dapat menghidrolisis dinding sel pada jaringan parenkim secara optimal, sehingga akan meningkatkan senyawa bioaktif dan rendemen minyak atsiri yang akan diperoleh.

Penggunaan ekstraksi EAE berperan dalam menghidrolisis komponen dinding sel dan mengganggu struktur dinding sel tanaman, sehingga akan terjadi proses ekstraksi dan pelepasan zat aktif atau senyawa bioaktif secara efisien (Selvamuthukumar *et al.*, 2017). Ekstraksi secara enzimatis memiliki beberapa tahapan yaitu persiapan bahan baku, pengeringan sampel dan pengurangan ukuran/homogenisasi, penyesuaian suhu dan pH, penambahan dan inkubasi enzim, inaktivasi enzim, filtrasi/ purifikasi ekstrak, memisahkan/ mengumpulkan fase berair dengan ekstrak enzimatis (Belwal *et al.*, 2020). Sedangkan metode destilasi fraksinasi bertujuan untuk memisahkan 2 atau lebih senyawa berdasarkan kemampuan volatil senyawa tersebut (Trilaksono, 2020). Destilasi jenis ini dapat digunakan untuk memisahkan senyawa yang memiliki rentang perbedaan titik didih hingga di bawah suhu 300°C (Nadliroh *et al.*, 2021).

Judul penelitian ini adalah Optimalisasi Ampas Jahe Merah (*Zingiber officinale var Rubrum*) Sebagai *Essential oils* Terintegrasi Metode EAE (*Enzyme - assisted extraction*) Dan Destilasi Fraksinasi". Tujuan penelitian ini adalah melihat pengaruh perlakuan variasi konsentrasi enzim selulase dan durasi

ekstraksi enzimatis (*Enzyme-assisted extraction*) terhadap karakteristik rendemen, bilangan asam dan indeks bias minyak ampas jahe merah

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Yudharta Pasuruan dengan durasi waktu mulai dari bulan maret 2023 sampai dengan bulan juli 2023. Analisa sampel dilakukan di 2 tempat yaitu

Universitas Yudharta Pasuruan dan Universitas Airlangga Surabaya. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari 2 faktorial yaitu konsentrasi bubuk enzim selulase (1%, 1,5% dan 2%) dan durasi ekstraksi EAE (*Enzyme-assisted extraction*) (130 menit dan 180 menit). Dari kedua faktor tersebut didapatkan 6 kombinasi perlakuan dengan 3 kali pengulangan, sehingga diperoleh 18 percobaan.

Tabel 1. Desain kombinasi perlakuan

| Kode Perlakuan | Keterangan |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|
| X1Y1 | (Durasi ekstraksi EAE 130 menit : konsentrasi enzim selulase 1%) |
| X1Y2 | (Durasi ekstraksi EAE 130 menit : konsentrasi enzim selulase 1,5%) |
| X1Y3 | (Durasi ekstraksi EAE 130 menit : konsentrasi enzim selulase 2%) |
| X2Y1 | (Durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 1%) |
| X2Y1 | (Durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 1,5%) |
| X2Y1 | (Durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 2%) |

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah : ampas jahe merah, pelarut (aquades), asam sitrat, bubuk enzim selulase dan kertas alumunium foil

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut : oven (MODENA BO 2633), desikator, cawan porselen, timbangan analitik digital (PAJ1003), loyang, beaker glass ukuran 300ml, batang pengaduk, labu erlenmeyer 300 ml, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, magnetic stirer (79HW-1), labu destilat, kondensor, kolom fraksinasi vigreux, termometer, konektor destilat 3 arah, ph meter (HI98107), kawat kasa, kaki tiga, bunsen dan wadah / botol sampel destilat

Proses pengolahan ampas jahe merah

Kulit ari jahe dikupas, dicuci kemudian diiris pada ketebalan 3 – 5 mm, blender ampas jahe dengan ditambahkan air secukupnya (blender dengan durasi singkat). Pisahkan sari dengan ampas jahe, setelah itu dikeringkan dengan cara tidak langsung terkena cahaya matahari selama 2 – 4 hari.

Ekstraksi enzimatis EAE (*Enzyme-assisted extraction*)

Timbang ampas jahe 30 gram dan ambil aquadest sampai volume 400 ml, atur tingkat keasaman aquades pada ph 4 dengan menambahkan asam sitrat 0,5 gram. Timbang enzim selulase sesuai konsentrasi perlakuan (1%, 1,5% dan 2%). Masukkan ampas jahe dengan enzim selulase dalam beaker glass yang terisi aquades (ph 4). Lakukan ekstraksi EAE menggunakan magnetic stirrer pada suhu kontrol 40°C dengan durasi waktu ekstraksi (130 menit dan 180 menit). Tahap terakhir hasil ekstrak yang diperoleh disuling dengan metode destilasi fraksinasi untuk mendapatkan *essential oils* (minyak jahe).

Metode pengumpulan data

Penelitian ini melakukan pengumpulan data dengan cara uji rendemen (Marwati *et al.*, 2021) pada sampel dan uji mutu meliputi uji bilangan asam (Widiaswanti *et al.*, 2023) dengan metode titrasi dan indeks bias dengan metode refraktometer abbe (Widiaswanti *et al.*, 2023).

Analisa data

Analisa data menggunakan software Minitab 19 untuk menganalisa data *Analysis of variance* rendemen, bilangan asam dan indeks bias, kemudian dilanjut dengan uji *Tukey* taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk menentukan notasi. Kemudian dilanjut Uji perlakuan terbaik menggunakan metode indeks efektifitas de garmo *et al.* (1984) yang telah dimodifikasi oleh Susrini (2003) (Marlina *et al.*, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Kadar yield atau rendemen menunjukkan banyaknya minyak jahe yang didapat dari bahan sampel ampas jahe merah. Berikut hasil kadar rendemen minyak ampas jahe merah disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Rerata rendemen minyak ampas jahe dengan kombinasi perlakuan durasi ekstraksi EAE dengan konsentrasi enzim selulase

| Kombinasi perlakuan | Mean rendemen (%) |
|---------------------|-------------------|
| X1Y1 | 19,13 ± 0,85 f |
| X1Y2 | 20,8 ± 0,8 e |
| X1Y3 | 26,6 ± 0 d |
| X2Y1 | 29,13 ± 0,85 c |
| X2Y2 | 34,13 ± 0,85 b |
| X2Y3 | 38,3 ± 0 a |

Keterangan :

1. Setiap data hasil analisis merupakan nilai mean ± standar deviasi
2. Nilai mean yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris berbeda berarti tidak beda nyata tiap perlakuan Uji *Tukey*

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan seiring penambahan konsentrasi enzim selulase dan penambahan durasi waktu ekstraksi EAE menyebabkan terjadinya peningkatan rendemen, dengan hasil perlakuan X2Y3 menghasilkan rendemen paling tinggi sebesar 38,3%. Peningkatan rendemen disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim selulase dalam menghidrolisis substrat selulosa ampas jahe, sehingga pelepasan senyawa bioaktif semakin bertambah, aktivitas enzim ini dipengaruhi oleh naiknya kecepatan reaksi enzimatik seiring bertambahnya konsentrasi enzim selulase (Insani *et al.*, 2013). Peningkatan rendemen *essential oil* ampas jahe merah juga dipengaruhi oleh meningkatnya kelarutan senyawa bioaktif seiring penambahan waktu durasi ekstraksi EAE dengan enzim selulase pada ampas jahe merah (Chandran *et al.*, 2021).

Faktor lain dari peningkatan rendemen minyak ampas jahe adalah tidak adanya

penumpukan inhibitor enzim selulase (Sutarno *et al.*, 2013). Inhibitor enzim selulase berupa produk hasil hidrolisis selulosa berupa produk glukosa dan selobiosa, selobiosa menghambat komponen kompleks enzim selulase yaitu eksoglukanase sedangkan glukosa menghambat komponen kompleks enzim selulase yaitu β -glukosidase (Nufus *et al.*, 2017).

Bilangan asam

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak atsiri. Bilangan asam bisa dinyatakan sebagai jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan konstituen asam dalam 1 gram sampel. Metode yang digunakan dalam uji bilangan asam minyak atsiri adalah metode titrasi, prinsip dari metode ini adalah netralisasi asam bebas dengan menggunakan larutan terstandar basa (KOH) secara volumetri. Semakin besar nilai bilangan asam menunjukkan kualitas

minyak atsiri yang rendah karena kandungan asam lemak bebas yang tinggi (Iskandar *et al.*, 2023). Berikut hasil bilangan asam minyak atsiri disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 3. Rerata bilangan asam minyak ampas jahe dengan kombinasi perlakuan durasi ekstraksi EAE dengan konsentrasi enzim selulase

| Kombinasi perlakuan | Mean Bilangan asam (mgKOH/g) |
|---------------------|------------------------------|
| X1Y1 | 1,25 ± 0,01f |
| X1Y2 | 1,45 ± 0 e |
| X1Y3 | 1,60 ± 0,005 d |
| X2Y1 | 1,83 ± 0,005 c |
| X2Y2 | 1,89 ± 0,005 b |
| X2Y3 | 1,93 ± 0,01 a |

Keterangan :

1. Setiap data hasil analisis merupakan nilai mean ± standar deviasi
2. Nilai mean yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris berbeda berarti tidak beda nyata tiap perlakuan Uji Tukey

Menurut tabel di atas nilai bilangan asam semakin meningkat di setiap perlakuan, peningkatan nilai bilangan asam ini disebabkan oleh adanya asam lemak yang terbentuk selama ekstraksi. Terbentuknya asam lemak diakibatkan aktivitas enzim selulase dalam mendegradasi dinding sel, sehingga memungkinkan lipid intraseluler untuk ikut terekstrak setelah proses degradasi dinding sel (Ghazal *et al.*, 2016). Faktor lain penyebab meningkatnya bilangan asam adalah adanya peningkatan

waktu ekstraksi dan sisa pelarut atau banyaknya kandungan air yang terdapat dalam minyak atsiri (Iskandar *et al.*, 2023).

Indeks bias

Indeks bias merupakan perbandingan sinus sudut jatuh pada minyak atsiri dengan sinus sudut cahaya yang dibiaskan pada panjang gelombang tertentu, Pembiasan sampel dilakukan pada suhu 20°C. (Iskandar *et al.*, 2023). Berikut hasil indeks bias minyak atsiri disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 4. Rerata indeks bias minyak ampas jahe dengan kombinasi perlakuan durasi ekstraksi EAE dengan konsentrasi enzim selulase

| Kombinasi perlakuan | Mean Indeks bias (20°C) |
|---------------------|-------------------------|
| X1Y1 | 1,09 ± 0 f |
| X1Y2 | 1,13 ± 0 e |
| X1Y3 | 1,19 ± 0 d |
| X2Y1 | 1,24 ± 0 c |
| X2Y2 | 1,27 ± 0 b |
| X2Y3 | 1,30 ± 0 a |

Keterangan :

1. Setiap data hasil analisis merupakan nilai mean ± standar deviasi
2. Nilai mean yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris berbeda berarti tidak beda nyata tiap perlakuan Uji Tukey

Tabel di atas menunjukkan adanya kenaikan nilai indeks bias di tiap perlakuan, dimana perlakuan X2Y3 menghasilkan indeks bias paling tinggi sebesar 1,30%. Indeks bias yang semakin meningkat

disebabkan oleh peningkatan aktivitas enzim dalam menghidrolisis substrat dan optimalnya pengikatan komponen senyawa bioaktif oleh pelarut, sehingga semakin banyak pula fraksi – fraksi minyak dengan

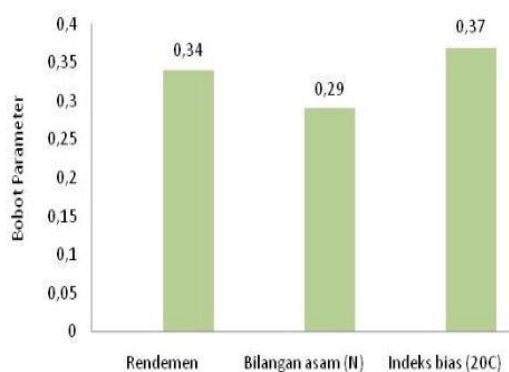
atom karbon yang akan terekstrak (Ibrahim *et al.*, 2019).

Menurut Perdani (2019) menyebutkan banyaknya ikatan rangkap menandakan semakin tingginya bobot molekul suatu minyak atsiri yang artinya terdapat peningkatan senyawa yang terkandung pada minyak atsiri (Perdani *et al.*, 2019).

Minyak atsiri dengan indeks bias yang bagus ditandai dengan komponen senyawa yang terkandung dalam minyak kadarnya lebih banyak daripada kadar air yang terkandung, semakin banyak kadar air yang terkandung semakin sedikit nilai indeks biasnya (Aryani *et al.*, 2020).

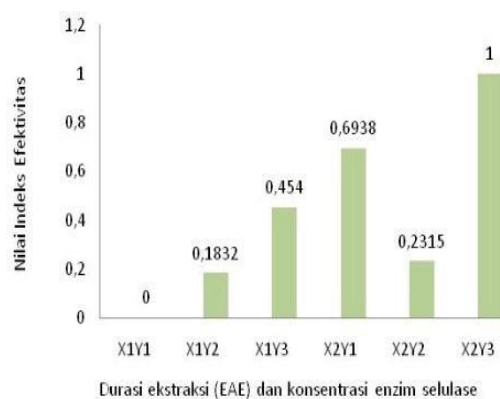
Perlakuan terbaik

Uji indeks efektifitas De Garmo menunjukkan hasil nilai bobot parameter tertinggi adalah indeks bias sebesar 0,37 diikuti parameter rendemen 0,34 dan parameter bilangan asam 0,29.



Gambar 1. Bobot parameter minyak atsiri ampas jahe merah

Hasil perhitungan indeks efektifitas perlakuan terbaik terdapat pada kombinasi perlakuan X2Y3 (durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 2%) dengan parameter NP (Nilai produktivitas) rendemen 0,34, bilangan asam 0,29 dan indeks bias 0,37.



Gambar 2. Perlakuan terbaik parameter minyak atsiri ampas jahe merah

KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa perlakuan durasi waktu ekstraksi EAE dan konsentrasi enzim selulase berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen, bilangan asam dan indeks bias minyak atsiri ampas jahe merah dan dari uji indeks efektifitas De,Garmo didapat perlakuan terbaik X2Y3 (durasi ekstraksi EAE 180 menit : konsentrasi enzim selulase 2%) dengan nilai produktivitas rendemen 0,34, bilangan asam 0,29 dan indeks bias 0,37.

SARAN

Diperlukan upaya untuk mengurangi kadar air tanpa mempengaruhi kandungan senyawa bioaktif pada bahan baku. Perlu dilakukannya uji SEM dan GCMS untuk melihat pengaruh pemberian enzim selulase dengan tingkat konsentrasi berbeda dalam menghidrolisis substrat selulosa ampas jahe merah serta bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif apa saja yang terkandung dalam minyak atsiri ampas jahe merah. Pada teknik penelitian ini perlu alat vakum untuk memaksimalkan hasil minyak atsiri yang akan diperoleh

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan pendampingannya selama penelitian berlangsung, sehingga penelitian

ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa juga ucapan terimakasih ditujukan kepada seluruh dosen prodi Ilmu dan Teknologi Pangan atas wawasan atau ilmu yang telah diberikan

DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, F. (2020). *Pengenalan atsiri (Melaleuca cajuputi) prospek pengembangan budidaya dan penyulingan*. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
- Belwal, T., Chemat, F., Venskutonis, P. R., Cravotto, G., Jaiswal, D. K., Bhatt, I. D., ... & Luo, Z. (2020). Recent advances in scaling-up of non-conventional extraction techniques: Learning from successes and failures. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 127, 115895.
- Chandran, D. G., & Nangarthody, S. (2021). Optimization and comparative study of enzyme assisted extraction of bioactive compounds from zingiber officinale roscoe. In *Proceedings of the Yukthi*.
- Daryat, F., Zul, D., & Fibriarti, L. B. (2017). Analisis kualitas air lindi asal tempat pembuangan akhir sampah kota pekanbaru berdasarkan parameter biologi, fisika dan kimia. *Jurnal Riau Biologia*, 2(1), 68 - 80.
- Ghazal, M. A., Ibrahim, H. A. H., Shaltout, N. A., & Ali, A. E. (2016). Biodiesel and bioethanol production from *Ulva fasciata* Delie biomass via enzymatic pretreatment using marine-derived *Aspergillus niger*. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(5), 1-16.
- Ibrahim, N., Jalaluddin, J., & Rahmah, N. (2019). Pengaruh waktu ekstraksi daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) menggunakan pelarut n-heksana terhadap rendemen minyak. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(2), 163-171.
- Insani, K. V. (2016). Pengaruh konsentrasi enzim optimum pada pembentukan N-Asetil Glukosamin. *UNESA Journal of Chemistry*, 5(3), 60-67.
- Iskandar, A. F., Nurjanah, S., Rosalinda, S., & Nuranjani, F. (2023). Penyulingan minyak atsiri jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) menggunakan metode hidrodistilasi dengan variasi waktu penyulingan. *Teknotan*, 17 (1), 53-60.
- Konar, E. M., Harde, S. M., Kagliwal, L. D., & Singhal, R. S. (2013). Value-added bioethanol from spent ginger obtained after oleoresin extraction. *Industrial crops and products*, 42, 299-307.
- Nufus, K., Mursiti, S., & Harjono, H. (2017). Optimasi preparasi prekursor bioetanol limbah mahkota nanas menggunakan enzim selulase jamur tiram. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 230-235.
- Marlina, L., Indriani, R., & Wulandari, R. R. (2023). Pemanfaatan limbah kulit buah naga super merah (*Hylocereus Polyhizus*) menjadi permen jelly dengan variasi rasa jahe merah (*Zingiber Officinale* Var. *Rubrum*). *Jurnal TEDC*, 17(2), 93–102.
- Marwati, M., Taebe, B., Tandilolo, A., & Nur, S. (2021). Pengaruh tempat tumbuh dan profil kandungan kimia minyak atsiri dari rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* Linn. Var *rubrum*). *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(2), 248-254.
- Nadliroh, K., & Fauzi, A. S. (2021). Optimasi waktu fermentasi produksi bioetanol dari sabut kelapa muda melalui destilator refluks. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(2), 124-133.
- Perdani, C. G., Pulungan, M. H., & Karimah, S. (2019). Pembuatan virgin coconut oil (VCO) kajian suhu inkubasi dan konsentrasi enzim papain kasar virgin. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 238–246.
- Selvamuthukumar, M., & Shi, J. (2017). Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products

- processing industries. *Food Quality and Safety*, 1(1), 61–81.
- Sutarno, R. J., Zahara, T. A., & Idiawati, N. (2013). Hidrolisis enzimatis dari ampas sagu menggunakan campuran selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2(1), 52–57.
- Fauziyah, N., Widyasanti, A., & Sutresna, Y. (2022). Kajian pengaruh konsentrasi etanol terhadap karakteristik oleoresin ampas jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe) limbah penyulingan. 16(3), 169–176.
- Trilaksono. (2020). *Perbandingan profil minyak atsiri bunga kenanga (Cananga odorata) hasil distilasi sederhana dan destilasi fraksinasi kolom 30 cm* [Tugas Akhir]. Jember, Indonesia: Universitas Jember.
- Widiaswanti, E., Yunitarini, R., Novianti, T., & Kartiningsih, A. (2023). Investigasi kajian kinetika pengeringan jahe dalam pembuatan simplisia. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(1), 4413 - 4421.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hermiati, E. (2019). *Selulosa karakteristik dan pemanfaatannya* (F. S. dan Nikita, ed.). Jakarta: LIPI Press, anggota Ikapi.