

Submitted : 27 Maret 2022

Revised : 3 Oktober 2022

Accepted : 29 November 2022

STUDI KINETIKA EKSTRAKSI MINYAK GAHARU DENGAN KOMBINASI FERMENTASI

Dyra Raihan Fauziah*, Arysca Wisnu Satria, Reni Yuniarti

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan

*Email: Dyra.118280050@student.itera.ac.id

Abstrak

Gaharu adalah salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang banyak dijumpai di berbagai wilayah dan tipe hutan di Indonesia. Pemilihan gaharu sebagai bahan penelitian karena gaharu memiliki nilai komersial yang tinggi dan untuk memperoleh minyaknya cukup sulit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan fermentasi terhadap hasil rendemen (*yield*) minyak gaharu. Percobaan ini didahului dengan persiapan bahan yaitu: pencacahan, penghalusan, dan pengeringan. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi dengan metode sokletasi menggunakan pelarut n-heksana. Data hasil rendemen dan kandungan asam lemak bebasnya dianalisis guna mengetahui kondisi proses yang direkomendasikan. Proses perlakuan awal fermentasi dilakukan selama 2, 3, 4, dan 5 hari dan proses ekstraksi dilakukan sebanyak 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 siklus. Hasil proses fermentasi terbaik diperoleh dari perlakuan fermentasi selama 5 hari selama 12 siklus sebesar 0,3376 g minyak gaharu/g gaharu dan pada kondisi tersebut asam lemak bebas yang dihasilkan sebesar 6 mg NaOH/g sampel. Hasil bilangan asam yang digunakan masih memenuhi SNI dari minyak gaharu. Hasil analisis studi kinetika ekstraksi didapatkan model yang paling sesuai untuk substrat minyak gaharu, yaitu *power law* dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,95.

Kata Kunci: Gaharu, Fermentasi, Ekstraksi, Kinetika Ekstraksi

Abstract

Agarwood is an essential oil-producing plant often found in Indonesia's regions and forest types. Agarwood is of high commercial value, and immensely challenging to obtain the oil. This research aims to determine the effect of fermentation treatment on yield—the preparation for this experiment, namely: chopping, refining, and drying. Then, the extraction process was carried out using the soxhletation method with n-hexane solvent. The yield and free fatty acid content were analyzed to determine the recommended process condition. The fermentation pretreatment and extraction process were carried out in 2, 3, 4, and 5 days and 3, 6, 9, 12, 15, and 18 cycles, respectively. The best yield of the pretreatment fermentation process was 0.337 grams on the fifth day with the 12th cycle. In these conditions, the free fatty acids were 6 mg NaOH/g sample, which still fulfilled the national standard. The kinetics analysis found a suitable model for agarwood oil extraction, namely the power law, with the coefficient of determination (R^2) being 0.95.

Keywords: Agarwood, Fermentation, Extraction, Extraction Kinetics

1. PENDAHULUAN

Salah satu negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang berlimpah hayati maupun non-hayati adalah Indonesia. Indonesia juga terkenal sebagai negara pemilik hutan hujan tropis yang didukung dengan geografis, iklim, musim, serta penyinaran matahari yang relatif panjang. Gaharu mudah ditemui pada hutan alam dan kebun masyarakat di berbagai

daerah seperti di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Secara biologis, kondisi yang demikian dapat menghasilkan peluang untuk terbentuknya keragaman sumber daya jenis tumbuhan yang tinggi. Gaharu merupakan keunggulan utama hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang mana menjadi salah satu sumber kehidupan masyarakat yang memiliki nilai komersial yang tinggi. Minyak gaharu diminati karena

penggunaannya yang khusus, seperti kemenyan untuk acara keagamaan, wewangian, dan sediaan obat tradisional (Nurlaila dkk, 2014). Secara kualitas, minyak gaharu dibagi menjadi minyak kualitas tinggi dan rendah. Kelas minyak gaharu juga didasarkan oleh sifat fisik, warna, dan aromanya. Minyak gaharu yang berwarna gelap memiliki aroma yang tahan lama, gaharu yang memiliki sifat fisik seperti ini diklasifikasikan sebagai kualitas tinggi dan dijual dengan harga yang primer (Gusmailina, 2014). Harga minyak gaharu berkualitas tinggi berkisar antara US\$126 hingga US\$633 per 12 ml. Sedangkan untuk kayu kualitas rendah terkisar US\$19 perkilo hingga US\$100 untuk kualitas unggul (Nurlaila dkk, 2014).

Penentuan kualitas gaharu juga bersifat kualitatif seperti yang dicantumkan dalam SNI 7631:2011. Penilaian kualitas gaharu dibagi menjadi 3 kategori yaitu gubal, kemendangan, dan serbuk gaharu. Tiap kelas memiliki kategori menjadi beberapa subkelas yang dikelompokkan berdasarkan warna, bobot dan aroma yang dikeluarkan ketika dibakar (Pipin, 2011). Gubal gaharu ditandai dengan kayu yang berwarna hitam atau kehitaman yang diselingi dengan warna coklat. Di sisi lain, kemendangan berasal dari kayu berwarna putih kebau-abuan. Serbuk gaharu merupakan kayu bubuk yang merupakan sisa-sisa dari pemisahan gaharu (Pipin, 2011). Parameter kualitas minyak gaharu juga dicantumkan di SNI 06-7227-2006 yang terlihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. SNI minyak gaharu

Jenis uji	Persyaratan
Warna	Kuning pucat-kuning
Aroma	Khas gaharu
Bobot jenis 20°C/20°C	0,97-0,98
Indeks bias(n D20)	1,501 - 1,510
Bilangan Asam	Maksimum 8

Kayu gaharu memiliki wangi yang khas, sehingga minyak gaharu yang dihasilkan sering dimanfaatkan sebagai bahan baku parfum hingga dupa untuk acara keagamaan. Hasil analisis kimia minyak gaharu memiliki delapan komponen utama berupa *furanoid sesquiterpen* (C₁₅H₁₆O₃) yang didalamnya terdapat *agarofuran*, *(-)-10-epi-y-eudesmol*, *agarospirol*, *jinkohol*, *jinkoh-eremol*, *kusunol*, *jinkohol II*, dan *oxo-agarospirol*. Selain *furanoid sesquiterpene*, gaharu dari *Aquilaria malaccensis* asal Indonesia mengandung komponen pokok minyak gaharu berupa *chromone* (C₉H₆O₂). *Chromone* ini penyebab aroma harum apabila gaharu dibakar (Gusmailina, 2010).

Perlakuan awal fermentasi dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan rendemen dari substrat yang digunakan. Ada beberapa cara yang umumnya dilakukan terhadap bahan yang mengandung minyak atsiri antara lain pengecilan ukuran, pengeringan, pemeraman dan fermentasi oleh mikroorganisme (Pratama dkk, 2013). Lignoselulosa merupakan biomassa yang berada dari tumbuhan dengan komponen utamanya yaitu; lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang merupakan bahan utama pada penyusun dinding sel pada tumbuhan. Fermentasi

dilakukan untuk memecah lignoselulosa yang merupakan dinding sel penyusun tumbuhan dan kemudian mengeluarkan minyak atsiri yang tersimpan dalam vakuola (Albert dkk, 2002). Vakuola memiliki fungsi sebagai penyimpan cadangan makanan seperti amilum dan glukosa. Selain itu, vakuola juga berfungsi sebagai tempat menyimpan minyak atsiri yang memberikan aroma khas. Perlakuan fermentasi memerlukan bantuan mikroorganisme lain sebagai sumber enzim, baik mikroba alami atau mikroba yang ditambahkan. Pada percobaan ini fermentasi dilakukan dengan menggunakan ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh baik pada temperatur 30°C dengan pH 2,5-4,5 (Anonym, 2005). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan golongan khamir yang mampu memanfaatkan senyawa gula yang dihasilkan mikroorganisme selulolitik untuk pertumbuhannya. Spesies ini juga dapat memfermentasikan berbagai karbohidrat (Anonym, 2005). Keterkaitan proses fermentasi dalam memproduksi minyak atsiri dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan hasil rendemen dari bahan tersebut. Rendemen minyak gaharu dapat meningkat akibat perombakan trigliserida sebagai penyusun kadar asam lemak yang terpecah menjadi beberapa bagian-bagian dari kadar asam lemak sehingga, menyebabkan kadar asam lemaknya pun juga meningkat (Kurniawati and Ranowati 2017).

Ekstraksi merupakan salah satu cara untuk memisahkan bagian dari suatu campuran. Pemisahan dilakukan dengan menambahkan pelarut selektif pada campuran bahan. Dasar dari ekstraksi adalah perbedaan kelarutan bahan ke dalam pelarut. Ekstraksi ini menempatkan pelarut dan sampel secara terpisah. Prinsip dari ekstraksi ini dilakukan secara terus menerus dan menggunakan pelarut yang relatif sedikit. Jika proses ekstraksi telah selesai maka pelarut dapat diuapkan dan akan mendapat perolehan sampel yang diekstrak. Biasanya pelarut yang digunakan adalah pelarut yang mudah menguap atau memiliki titik didih rendah. Sokletasi dilakukan dengan cara pemanasan pelarut (Chen dan Lua, 2020).

Dalam proses Sokletasi, uap pelarut yang dihasilkan dari pemanasan akan mengalami pendinginan dalam kondensor dan secara kontinu akan membasahi sampel dan kembali ke dalam labu dengan membawa sampel yang telah terakstrak.

Dalam studi kinetika ekstraksi kayu gaharu dengan kombinasi fermentasi ada beberapa model perhitungan kinetika ekstraksi yang digunakan oleh peneliti sebelumnya untuk menentukan model kinetika ekstraksi terbaik, diantaranya adalah model *elovich's*, *parabolic diffusion*, *peleg hyperbolic*, *power law*, *unsteady diffusion* dan *weibull's* (Rostami dkk, 2017). Berikut permodelan studi kinetika ekstraksi pada Tabel 2.

Tabel 2. Model kinetika ekstraksi

Model	Persamaan	Linearitas
Elovich's	$y = E_0 + E_1 \times \ln t$	$y \sim \ln t$
Parabolic diffusion	$y = y_0 + y_1 t^{1/2}$	$y \sim t^{1/2}$
Peleg hyperbolic	$y = \frac{C_1 t}{(1 + C_2 t)}$	$\frac{1}{y} \sim \frac{1}{t}$
Power law	$y = Bt^n$	$\ln y \sim \ln t$
Unsteady diffusion	$y = (1 - b)e^{-kt}$	$\ln y \sim t$
Weibull's	$y = 1 - \exp\left(-\frac{t^m}{D}\right)$	$\ln(-\ln(1 - y)) \sim \ln t$

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah kayu gaharu yang didapatkan dari Bengkulu. Ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*) dibeli dari pasar sekitar tempat tinggal. Bahan lain berupa n-heksana dan etanol p.a dari SmartLab.

2.2 Prosedur Penelitian

Kayu gaharu pertama-tama dicacah menjadi bagian-bagian kecil kemudian kayu gaharu dikeringkan dengan oven selama 1 jam dengan suhu 100°C untuk meringankan kerja belender saat penghalusan. Setelah dioven, dilakukan penghalusan menggunakan belender kemudian diayak dengan ukuran 5 mesh. Selanjutnya, *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan sebanyak 10% dari bahan baku yang telah dilarutkan dengan 100 ml air. Masing-masing perlakuan fermentasi dibedakan menjadi 2, 3, 4, dan 5 hari dalam keadaan tertutup.

Ekstraksi minyak gaharu dilakukan dengan metode sokletasi dengan menggunakan pelarut n-heksan dengan perbandingan berat masing-masing 1:3. Setelah 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 siklus selanjutnya ekstrak dipisahkan pelarutnya dengan distilasi. Ekstrak yang didapat kemudian diambil dan didapatkan rendemen kasar.

Proses pemurnian selanjutnya adalah penguapan ekstrak minyak gaharu yang masih tercampur sedikit dengan pelarutnya pada suhu ruang 30°C. Hasil minyak yang didapat kemudian ditimbang sebagai rendemen bersih.

$$Rendemen = \frac{massa\ minyak\ gaharu}{massa\ kayu\ gaharu} \tag{1}$$

2.3 Analisis Data

2.3.1 Analisis bilangan asam

Masing-masing rendemen minyak dengan variasi fermentasi 2, 3, 4, dan 5 hari selanjutnya dikarakterisasi kadar asam lemak bebas (FFA) dan bilangan asam (BA). Penentuan kadar asam dilakukan dengan metode titrasi AOCS (*American Oil Chemist's Society*).

$$FFA = \frac{BM.Asam\ lemak \times BA}{1000 \times Mr.NaOH} \tag{2}$$

$$BA = \frac{V.NaOH \times N.NaOH \times Mr.NaOH}{g.sampel} \tag{3}$$

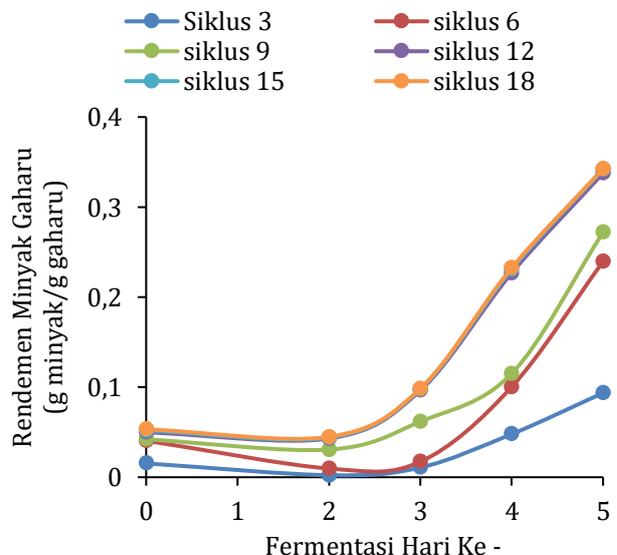
2.3.2 Analisis kinetika ekstraksi

Kinetika ekstraksi digunakan untuk memperlihatkan model kinetika ekstraksi terbaik dengan model kinetika ekstraksi yang telah dijelaskan pada Tabel 2. Untuk mengetahui model kinetika terbaik ditentukan dengan melihat nilai R² yang mendekati 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Durasi Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Gaharu

Gambar 1 menunjukkan rendemen minyak gaharu yang dihasilkan dari perlakuan fermentasi baru terlihat signifikan pada fermentasi hari ke-3 sampai hari ke-5. Proses fermentasi terbaik terjadi pada hari ke-5 dengan pengekstrakan semua siklus yang ditunjukkan pada perolehan rendemen minyak gaharu sebesar 0,3424 g minyak gaharu/g gaharu. Hasil *p-value* yang dihasilkan dari perlakuan kombinasi fermentasi terhadap pengekstrakan minyak gaharu adalah sebesar 2,48×10⁻⁹ yang menandakan bahwa proses fermentasi berpengaruh signifikan dalam meningkatkan rendemen minyak gaharu.



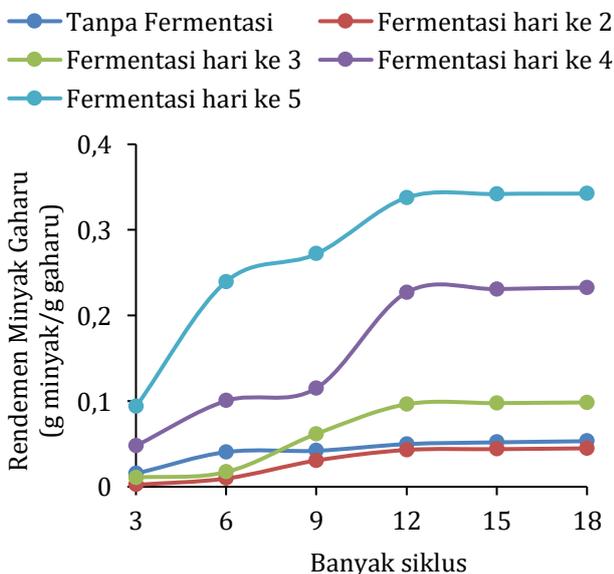
Gambar 1. Hasil pengaruh lamanya durasi fermentasi terhadap rendemen minyak gaharu

Peningkatan rendemen minyak gaharu yang terjadi setiap harinya disebabkan oleh aktivitas mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yang mengalami pertumbuhan sangat cepat. Pada setiap sel terjadi pembelahan sel dalam kondisi kultur yang optimum. Rendemen minyak gaharu dapat meningkat akibat perombakan trigliserida sebagai penyusun kadar asam lemak yang terpecah menjadi beberapa bagian-bagian dari kadar asam lemak sehingga menyebabkan kadar asam lemaknya pun juga meningkat (Kurniawati and Ranowati 2017).

3.2 Pengaruh Banyaknya Siklus Ekstraksi Terhadap Rendemen Minyak Gaharu

Gambar 2 memperlihatkan siklus ke-12 merupakan siklus yang paling optimum dalam menghasilkan rendemen minyak gaharu yang ditunjukkan dengan titik tertinggi dari data yang

diperoleh. Hal ini terjadi karena kelarutan agen aktif minyak gaharu yang diekstrak semakin besar, selain itu juga dipengaruhi oleh tercapainya kesetimbangan konsentrasi minyak gaharu dengan konsentrasi pelarut n-heksana (Chairunnisa, Wartini, and Suhendra 2019). Pada siklus ke-15 dan ke-18, perolehan rendemen minyak gaharu tidak terlalu banyak mengalami perubahan yang menandakan bahwa perolehan minyak gaharu berhenti pada siklus ke-18 yang menandakan minyak yang terkandung dalam kayu gaharu sudah habis. Secara umum waktu proses ekstraksi dibagi menjadi beberapa tahap diantaranya, fase ekuilibrium, fase transisi, dan fase difusi (Hydrodistillation 2018). Fase ekuilibrium adalah fase pertama dalam proses pengestrakan dimana pelarut berdifusi ke dalam padatan. Zat yang memiliki konsentrasi tinggi akan berpindah konsentrasi yang lebih rendah. Pada Fase ekuilibrium terjadi perpindahan susbtrat pada lapisan luar bahan yang akan diekstrak. Perpindahan substrat tersebut terjadi secara konstan (Linda, 2018). Dari Gambar 2 fase ekuilibrium ini ditunjukkan pada siklus ke-3 sampai siklus ke-6. Dilanjutkan dengan fase transisi, pada tahap ini terjadi perpindahan massa yang cukup tinggi karena zat terlarut minyak gaharu dalam padatan kayu gaharu akan larut ke dalam pelarut n-heksana (Linda, 2018). Minyak gaharu dapat larut dalam n-heksana karena terjadi gaya interaksi antara molekulnya yaitu dipol-dipol. Gaya tersebut terjadi karena zat yang terkandung bersifat polar-polar atau non-polar-non-polar yang saling berikatan. Fase transisi yang ditunjukkan pada Gambar 2 terjadi pada siklus ke-6 sampai ke siklus ke-12. Fase terakhir pada proses ekstraksi, yaitu fase difusi. Fase difusi sering disebut sebagai tahap pembatas pada proses ekstraksi. Laju ekstraksi pada fase ini berjalan lambat atau keluaran hasil ekstrak tidak jauh berbeda. Hal ini menandakan bahwa proses ekstraksi telah mencapai waktu keseimbangan dimana perbedaan konsentrasi bernilai 0 (Meidinah, 2021).



Gambar 2. Pengaruh jumlah siklus terhadap rendemen minyak gaharu

Untuk melihat seberapa berpengaruh banyaknya siklus ekstraksi terhadap rendemen adalah melihat nilai *p-value* yaitu sebesar $3,15 \times 10^{-4}$ yang menandakan bahwa banyaknya siklus berpengaruh signifikan dalam meningkatkan rendemen minyak gaharu.

3.3 Hubungan Kadar Asam Lemak Bebas Dengan Rendemen Minyak Gaharu

Hasil analisis kadar asam lemak bebas dan bilangan asam yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis bilangan asam dengan titrasi asam basa

Variasi	BA (mg.NaOH/g.Sampel)	FFA (g.FFA/g.Sampel)
NF	3 + 0,007	0,0149 + 0,007
F2	4 + 0,000	0,0198 + 0,000
F3	4 + 0,000	0,0198 + 0,000
F4	4 + 0,000	0,0198 + 0,000
F5	6 + 0,000	0,0297 + 0,000

Keterangan: (NF) Tanpa Fermentasi, (F2) Fermentasi hari ke-2, (F3) Fermentasi hari ke-3, (F4) Fermentasi hari ke-4, (F5) Fermentasi hari ke-5.

Dengan adanya fermentasi dapat menyebabkan meningkatnya bilangan asam dan kadar FFA dari minyak gaharu yang dihasilkan. Asam lemak yang terkandung dalam minyak gaharu adalah Asam *cis-5-Dodecenoic* atau sering disebut dengan asam laurat. Asam laurat banyak terkandung pada kayu, biji, dan minyak (Kurniawati and Ranowati 2017). Meningkatnya bilangan asam dan kadar asam lemak bebas juga dipengaruhi oleh perombakan lignoselulosa yang terkandung pada kayu gaharu sebesar 22,66-32,15% (Sokanandi et al. 2014). Peranan *Saccharomyces cerevisiae* digunakan sebagai bahan penfermentasi karena *Saccharomyces cerevisiae* mampu memanfaatkan senyawa gula yang dihasilkan oleh substrat untuk pertumbuhannya, selain itu *Saccharomyces cerevisiae* juga dapat memfermentasikan sebagai karbohidrat (Unimus, 2005). Trigliserida yang terbentuk merupakan cadangan makanan pada tumbuhan sebagai penyusun energi. Oleh karena itu, semakin banyak rendemen minyak gaharu yang dihasilkan maka semakin banyak juga asam lemak yang terbentuk.

3.4 Analisis Kinetika Ekstraksi

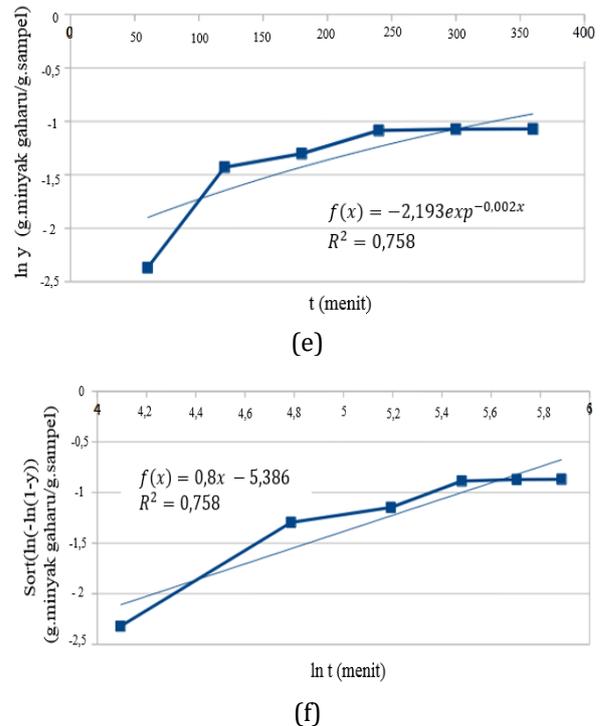
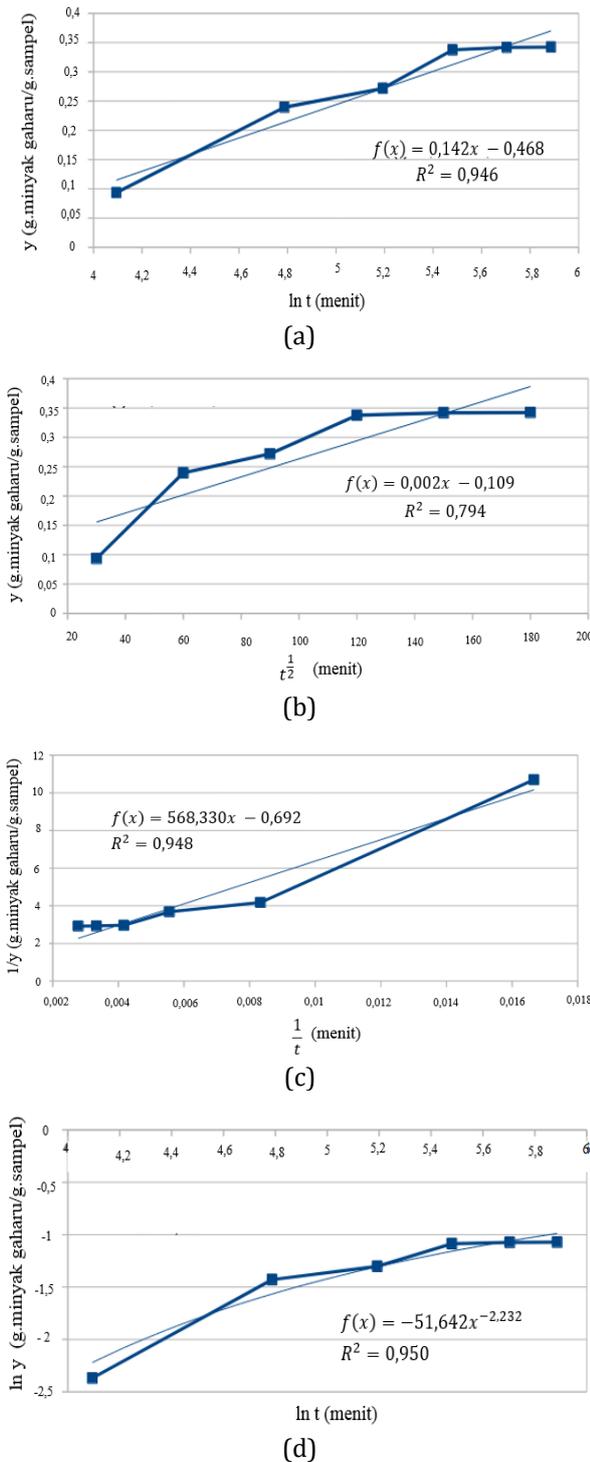
Model kinetika ekstraksi ditampilkan pada Gambar 3. Didapatkan model kinetika ekstraksi yang terbaik yaitu model kinetika ekstraksi power law yang ditunjukkan oleh hasil nilai R^2 sebesar 0,95. Model matematika yang dihasilkan dari model power law ini dapat digambarkan seperti persamaan di bawah ini:

$$y = Bt^n \tag{4}$$

$$y = -51,642x^{-2,232} \tag{5}$$

Nilai *B* merupakan kecepatan dari laju pembentukan produk pada model power law sebesar -51,642 (min^{-1}). Nilai minus (-) pada nilai *B* menandakan perpindahan konsentrasi pada kayu gaharu berkurang. Pada model power law ini juga menggambarkan difusi agen aktif

dari suatu zat berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Agen aktif berupa minyak gaharu, zat yang memiliki konsentrasi tinggi adalah kayu gaharu dan zat konsentrasi rendah adalah pelarut n-heksana. Nilai n yang terdapat adalah nilai eksponen difusi (Rostami dkk, 2017). Nilai n dari proses ekstraksi tumbuhan selalu bernilai kurang dari 1. Nilai n yang dihasilkan pada persamaan di atas adalah -2,232.



Gambar 3. Model kinetika ekstraksi minyak gaharu (a) Model kinetika elovich's, (b) Model kinetika *parabolic diffusion*, (c) Model kinetika peleg hyperbolic, (d) Model kinetika power law, (e) Model kinetika *unsteady diffusion*, (f) Model kinetika weibull's

4. KESIMPULAN

Kombinasi fermentasi dalam pengestrakan minyak gaharu dapat meningkatkan rendemen dengan waktu fermentasi terbaik selama 5 hari dengan 12 siklus sebagai siklus optimum sebesar 0,3376 g minyak gaharu/g gaharu. Bilangan asam dan kadar FFA yang diperoleh sebesar 4-6 mg NaOH/g sampel yang mana masih memenuhi SNI minyak gaharu yaitu maksimal 8 mg NaOH/g sampel. Pemilihan pemodelan studi kinetika ekstraksi yang dipilih adalah model power law dengan perolehan nilai R^2 sebesar 0,95. Model power law juga digunakan dalam penentuan model matematika dalam menggambarkan difusi agen aktif dari suatu zat berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing penelitian atas dukungan, masukan, serta pembiayaan dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Albert, B., Johnson, A., Lewis, J. Raff, M. Robert, K., & Walter, P. (2022). Molecular Biology of the Cell. In Molecular Biology of the Cell (4th ed.).

Anonym. (2005). Jamur. <http://repository.unimus.ac.id>

Chairunnisa, S., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri, 7(4), 551.

- <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i04.p07>
- Chen, Q., & Lua, A. C. (2020). Kinetic reaction and deactivation studies on thermocatalytic decomposition of methane by electroless nickel plating catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 389(November 2019), 124366. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124366>
- Gusmailina. (2010). Quality Improvement on Low Grade Agarwood. 1, 291–303.
- I. Nurlaila, A. M. A. Nor, J. M. (2014). A Review Study of Agarwood Oil and Its Quality Analysis. 1, 37–42.
- Kurniawati, P., & Ranowati, R. (2017). Modul Lipid. *Metabolisme Biokimia Jilid 1*, 45–56.
- Meidinah, S. (2021). Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) Dengan Metode Microwave Air-Hydrodistillation. 28–36.
- Pipin Novianti Sadikin. (2011). Ketika Gaharu Tak Lagi Bisa Memenuhi Permintaan Pasar. 1–26.
- Pratama, A. Y., Febriani, R. N., Gunawan, S., & Penelitian, a V. (2013). Plantarum terhadap Total Asam Laktat dan pH pada Fermentasi Singkong. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 90–92.
- Rostami, H., Mohammad, S., & Gharibzahedi, T. (2017). Mathematical Modeling Of Mucilage Extraction Kinetic From The Waste Hydrolysates Of Fruiting Bodies Of *Zizyphus Jujuba* Mill. 00, 1–5. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13064>
- Sokanandi, A., Pari, G., Setiawan, D., & Saepuloh, S. (2014). Komponen Kimia Sepuluh Jenis Kayu Kurang Dikenal: Kemungkinan Penggunaan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(3), 209–220. <https://doi.org/10.20886/jphh.2014.32.3.209-220>
- Triesty, I., & Mahfud, M. (2017). Ekstraksi Minyak Atsiri dari Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*) dengan Menggunakan Metode Microwave Hydrodistillation dan Soxhlet Extraction. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24491>