



ARTIKEL

Fermentasi Minyak Jelantah Menggunakan *Rhizopus Oryzae* untuk Menghasilkan Protein Biomassa

Rintis Manfaati^{1*}, Gina Wardatul Humairoh¹, Indah Purnama Sari¹

¹Politeknik Negeri Bandung

Koresponden: E-mail: indah.purnama.tki20@polban.ac.id

Submitted 21 Feb 2023

Revised 25 March 2023

Published 15 Apr 2023

ABSTRAK

Salah satu upaya pemanfaatan limbah minyak jelantah yaitu melalui proses fermentasi untuk menghasilkan protein biomassa *Rhizopus oryzae*. *Rhizopus oryzae* menghasilkan enzim lipase yang akan menghidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan konsentrasi substrat minyak jelantah optimum dan konsentrasi sumber nitrogen anorganik urea optimum pada proses fermentasi untuk menghasilkan protein biomassa. Variasi konsentrasi substrat minyak jelantah awal diberikan direntang 60 g/L - 100 g/L, sedangkan variasi konsentrasi sumber nitrogen urea pada konsentrasi 30 g/L - 70 g/L. Fermentasi dilakukan selama 72 jam. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi substrat minyak jelantah optimum dengan sumber nitrogen organik pepton 70 g/L adalah 80 g/L, sedangkan sumber nitrogen anorganik urea optimum adalah 40 g/L diperoleh kadar protein 5,06 %.

Kata Kunci : fermentasi; minyak jelantah; protein biomassa; *rhizopus oryzae*

ABSTRACT

One of the efforts to utilize used cooking oil waste is through a livestock process to produce *Rhizopus oryzae* biomass protein. *Rhizopus oryzae* produces lipase enzymes which hydrolyze triglycerides into glycerol and fatty acids. The purpose of this study was to determine the optimum substrate concentration of used cooking oil and the optimum concentration of inorganic nitrogen source urea in the cooking process to produce protein biomass. Variations in the concentration of the initial used cooking oil substrate ranged from 60 g/L - 100 g/L, while variations in the concentration of the urea nitrogen source ranged from 30 g/L - 70 g/L. Fermentation was carried out for 72 hours. The results showed that the optimum substrate concentration for used cooking oil with a peptone organic nitrogen source of 70 g/L was 80 g/L, while the optimum inorganic nitrogen source for urea was 40 g/L with a protein content of 5.06%.

Keywords: biomass protein; fermentation; *rhizopus oryzae*; waste cooking oil

1. PENDAHULUAN

Singel Cell Protein adalah produk biomassa kaya protein yang berasal dari mikroba. Komponen utamanya yaitu asam amino serta mineral. Produk ini bisa dipergunakan untuk mengganti protein dari sumber tradisional diantaranya produk peternakan, perikanan, serta pertanian. Tidak hanya itu, produk ini juga mampu membentuk makanan padat nutrisi yang dikenal sebagai mikroprotein [1-2]. Protein jamur mengandung persentase lisin yang tinggi, yang merupakan asam amino pembatas dalam pakan akuatik. Lysin adalah asam amino paling kritis yang dibutuhkan dalam pakan air karena seringkali merupakan asam amino yang paling membatasi dalam bahan pakan [3-4]. Wilson [5]

juga menunjukkan bahwa lisin sangat penting untuk pertumbuhan ikan yang optimal.

Minyak goreng adalah bahan makanan yang komponen utamanya adalah trigliserida dan diperoleh dari bahan nabati yang telah melalui serangkaian proses pemurnian dan digunakan untuk menggoreng [6]. Berdasarkan hasil pengamatan, untuk memperkecil biaya produksi, beberapa industri makanan secara berulang-ulang. Minyak goreng bekas pemakaian secara berulang-ulang tersebut biasanya disebut sebagai minyak jelantah. Minyak jelantah memiliki densitas 0,8989 g/cm³ serta komposisi asam lemak bebas 9,3% dan gliserida (*monoglyserida*, *diglyserida*, *triglyserida*) 56,5 % [7]. Minyak jelantah banyak dihasilkan dari restoran

siap saji dan industri perhotelan sehingga \pm 33.750 liter minyak jelantah dapat terakumulasi dalam satu hari [8].

Hidrolisis enzimatis pada minyak jelantah untuk menghasilkan asam lemak dapat menggunakan biokatalis enzim lipase. Enzim lipase adalah katalis biologi dalam proses hidrolisis trigliserida [9]. Mikroorganisme yang menghasilkan enzim yaitu bakteri, jamur, yeast, dan *actinomycetes*. Jamur adalah salah satu sumber enzim lipase terbaik yang dapat digunakan dalam industri [10]. Penyediaan sumber nitrogen termasuk urea, diperlukan untuk merangsang pertumbuhan sel jamur agar lebih cepat. Penelitian yang dilakukan Hendritomo [11] menunjukkan bahwa dengan temperatur lingkungan 28-30°C serta penambahan urea sebanyak 0,5 - 1,5 % pertumbuhan miselium jamur dapat ditingkatkan.

Penelitian yang dilakukan Rojab dan Manurung, 2022 [12] dengan judul Fermentasi Minyak Jelantah dengan Biokatalis *Rhizopus Oryzae* untuk Menghasilkan Asam lemak bebas diperoleh hasil bahwa konsentrasi asam lemak bebas tertinggi sebesar 4,66 (g/L) serta konsentrasi biomassa tertinggi sebesar 31,91(g/L). Asam lemak bebas dan biomassa meningkat seiring meningkatnya konsentrasi awal substrat minyak jelantah pada proses fermentasi. Namun penelitian ini belum sesuai dengan tujuan awal karena perolehan asam lemak bebas lebih sedikit dibandingkan dengan perolehan biomasanya.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang *dkk* [13] dengan Judul Produksi Protein Biomassa Menggunakan Jamur Mikro dari Pengolahan Air Limbah Kilang Anggur diperoleh hasil tiga jamur mikro *Trichoderma viride* WBL0702, *Aspergillus oryzae* WBL0401 dan *Aspergillus niger* WBL0901 menunjukkan kemampuan tinggi untuk pengurangan COD dan produksi biomassa jamur pH berpengaruh nyata terhadap produksi biomassa jamur dan pengurangan COD. Jumlah biomassa jamur tertinggi dihasilkan oleh *T. Viride* WBL0702. Hasil ini menunjukkan bahwa *T. Viride* bisa menjadi *strain* yang cocok untuk produksi protein biomassa jamur dengan substrat limbah kilang anggur.

Penelitian yang dilakukan oleh Nitayavardhana *dkk*, [14-15] dengan Judul Produksi Biomassa Jamur Kaya Protein dalam *Airlift* Bioreaktor menggunakan *Vinasse* sebagai substrat diperoleh hasil biomassa jamur yang tertinggi \pm 0,80 g/L dengan yield 8,04 % dengan laju aerasi optimal (1,5 vvm). Biomassa jamur mengandung protein kasar dalam jumlah tinggi, sebanyak 45%, dengan asam amino esensial yang seimbang, dan mungkin dapat menggantikan penggunaan tepung ikan dan bungkil kedelai untuk aplikasi pakan akuatik.

Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi protein biomassa dari limbah minyak jelantah yang dibantu oleh jamur *Rhizopus oryzae* karena jamur tersebut berpotensi menghasilkan enzim lipase.

2. METODE

2.1 Alat

Fermentasi dilakukan dalam Inkubator Shaker. Sebelum fermentasi, dilakukan sterilisasi alat dan bahan dalam autoclave untuk membunuh mikroorganisme atau limbah laboratorium dengan bantuan tekanan uap panas. Untuk memisahkan filtrat dan endapan, sampel disentrifuge terlebih dahulu. Untuk analisa berat sel kering digunakan oven, neraca analitik, cawan, kertas saring, corong saring. Untuk analisa kadar lemak digunakan botol Babcock dan sentrifuge. Untuk analisa kadar protein digunakan labu kjeldahl dan *destillation vapodest*.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu 500 mL minyak jelantah dari pedagang ayam goreng di daerah Ciwaruga, Kec. Parongpong, 52 g sumber nitrogen pepton, kultur murni *Rhizopus oryzae*, *potato dextrose agar* (PDA) 4 g, karbon aktif 50 gr, Sodium Nitrat 1,5 g, Potasium dihidrogen fosfat 1,5 g, Magnesium sulfat 1 g, Glukosa 2 g, sumber nitrogen anorganik urea (NH₂)₂CO 25 g.

2.3 Prosedur

Tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan dengan diagram alir pada Gambar 1.

Prosedur tahap 1

Dilakukan pre-treatment untuk didapatkan minyak yang terbebas dari kandungan logam berat dan impuritas. Metode yang digunakan pada tahap ini yaitu adsorpsi dengan adsorben karbon aktif.

Prosedur tahap 2

Dilakukan proses pembuatan media PDA (Potato Dextrose Agar) berupa bubuk PDA sebanyak 4 gram dan 1 gram *agar bacteriological* yang dilarutkan dengan 100 mL aquades dan di sterilisasi pada alat autoclave dengan suhu 121°C selama 21 menit.

Prosedur tahap 3

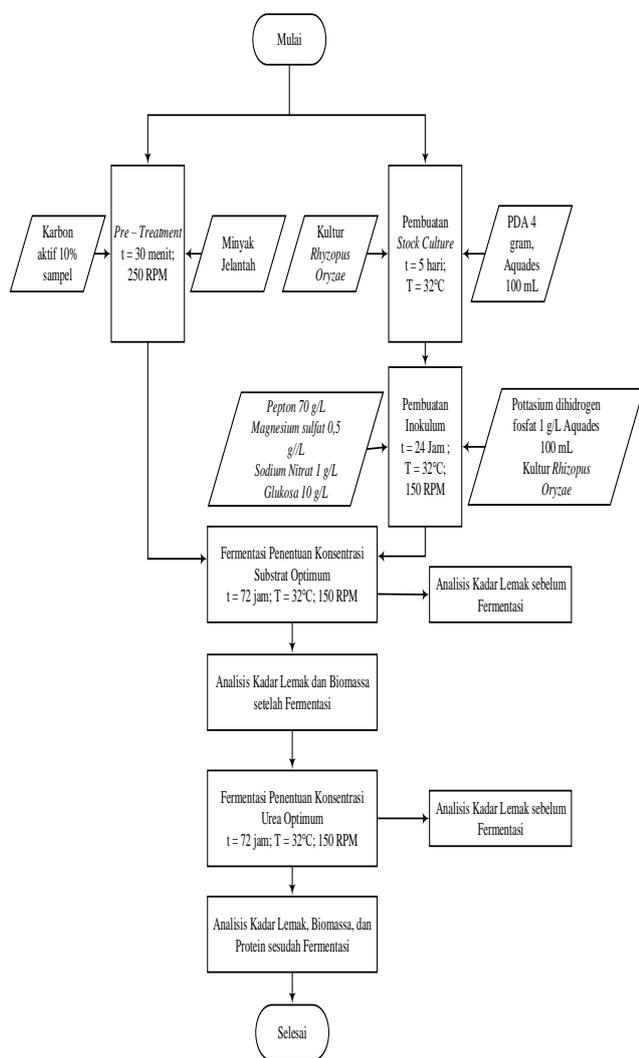
Dilakukan proses inokulasi dengan komposisi nutrisi pepton 70 g/L, sodium nitrat 1 g/L, potasium dihidrogen fosfat 1 g/L, magnesium sulfat 0,5 g/L, glukosa 10 g/L. Lalu sterilisasi selama 21 menit pada suhu 121 °C dan diinkubasi dengan kecepatan putaran 150 RPM pada suhu 32°C selama 24 jam.

Prosedur tahap 4

Menentukan konsentrasi substrat optimum dilakukan variasi substrat minyak jelantah 60 g/L; 70 g/L; 80 g/L; 90 g/L; 100 g/L; pepton 70 g/L, sodium nitrat 1 g/L, potasium dihidrogen fosfat 1 g/L, magnesium sulfat 0,5 g/L. Menentukan konsentrasi nitrogen optimum dilakukan dengan sumber nitrogen anorganik dengan (NH₂)₂CO atau urea dengan konsentrasi 30 g/L; 40 g/L; 50 g/L; 60 g/L; dan 70 g/L serta ditambahkan pendukung nutrisi yaitu sodium nitrat 1 g/L, potasium dihidrogen fosfat 1 g/L, serta magnesium sulfat 0,5 g/L. Setelah itu sterilisasi selama 21 menit pada suhu 121°C dan diinkubasi pada suhu 32°C selama 72 jam dengan kecepatan putar 150 RPM.

Prosedur tahap 5

Dilakukan analisis produk dengan metode babcock untuk analisis kadar lemak pada minyak sebelum dan sesudah fermentasi, kemudian metode gravimetri yaitu metode berat sel kering untuk mendapat konsentrasi biomassa dan metode kjeldahl untuk menguji kandungan protein dalam biomassa.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi minyak jelantah sebagai sumber karbon untuk pembentukan biomassa *Rhizopus Oryzae* dilakukan pada konsentrasi minyak jelantah sebagai substrat awal dengan variasi yaitu pada 60 g/L; 70 g/L; 80 g/L; 90 g/L; dan 100 g/L, dengan sumber nitrogen organik pepton 70 g/L. Fermentasi minyak jelantah dilakukan juga dengan memvariasikan konsentrasi nitrogen anorganik urea pada 30 g/L; 40 g/L; 50 g/L; 60 g/L; dan 70 g/L. Yield biomassa terhadap substrat ($Y_{x/s}$) merupakan parameter yang menunjukkan kinerja pertumbuhan pada *Rhizopus oryzae*.

Pada bagian ini dapat digabungkan dengan bagian Diskusi menjadi bagian Hasil dan Pembahasan. Pada bagian hasil jelaskan hasil penelitian. Data harus disajikan

seringkas mungkin, dan dalam bentuk tabel atau gambar jika sesuai, meskipun tabel sangat besar harus dihindari. Pada bagian pembahasan harus merupakan interpretasi hasil pekerjaan (bukan pengulangannya) dalam konteks penelitian sebelumnya untuk mendukung atau menolak suatu hipotesis. Hindari referensi berlebihan dari literatur yang diterbitkan.

3.1. Pengaruh Variasi Konsentrasi Substrat Minyak Jelantah Awal Pada Perolehan Biomassa

Substrat minyak jelantah dalam media fermentasi akan memicu *Rhizopus oryzae* untuk mengeluarkan enzim ekstraseluler lipase untuk menghidrolisis trigliserida menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu asam lemak dan gliserol. Asam lemak akan dimetabolisme oleh *Rhizopus oryzae* untuk membentuk biomassa pada kondisi optimum untuk pertumbuhan. Konsentrasi biomassa maksimum akan diperoleh pada fase stasioner. Hasil penelitian yang menunjukkan pengaruh konsentrasi substrat minyak jelantah awal terhadap produk biomassa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh variasi konsentrasi substrat minyak jelantah terhadap perolehan biomassa dan $Y_{x/s}$

| Konsentrasi Minyak Jelantah Awal (g/L) | Konsentrasi Biomassa (g/L) | Konsentrasi Minyak Jelantah Akhir (g/L) | Konsentrasi Minyak yang Terkonsumsi (g/L) | Yield $\frac{x}{s}$ (%) |
|--|----------------------------|---|---|-------------------------|
| 60 | 14,75 | 27,41 | 32,59 | 45,26 |
| 70 | 17,67 | 27,18 | 42,82 | 41,27 |
| 80 | 17,86 | 40,31 | 39,69 | 44,99 |
| 90 | 13,05 | 21,32 | 68,68 | 19,01 |
| 100 | 16,16 | 49,93 | 50,07 | 32,28 |

Kenaikan konsentrasi substrat minyak jelantah awal dari 60 g/L sampai 80 g/L menyebabkan terjadinya kenaikan konsentrasi biomassa yaitu dari 14,75 g/L menjadi 17,86 g/L, namun kenaikan konsentrasi minyak jelantah awal dari 80 g/L sampai 100 g/L menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi biomassa yaitu dari 17,86 g/L menjadi 16,16 g/L. *Rhizopus Oryzae* mampu memanfaatkan minyak jelantah sebagai sumber karbon dengan baik pada konsentrasi 60 g/L sampai dengan 80 g/L, namun pada konsentrasi lebih dari 80 g/L terjadi fenomena penghambatan pertumbuhan oleh substrat. Hal tersebut dapat terjadi karena konsentrasi substrat yang tinggi menyebabkan peningkatan viskositas media fermentasi, sehingga dapat menghambat transfer oksigen kepada sel jamur. Penurunan konsentrasi oksigen ini menghambat proses biosintesis dan dengan demikian dapat mengurangi produksi biomassa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sar, dkk [16] dengan menggunakan substrat cairan menunjukkan bahwa *Rhizopus oryzae* mampu menghasilkan biomassa sebesar 2,82 g/L. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini, konsentrasi biomassa yang dihasilkan jauh

lebih besar yaitu sekitar 17,86 g/L. Hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh sumber nitrogen yang dipakai yaitu pepton yang merupakan sumber nitrogen organik.

Kenaikan konsentrasi biomassa berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi enzim lipase yang dilepaskan ke dalam media fermentasi. Semakin banyak enzim lipase yang dilepaskan maka proses hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol akan semakin tinggi. Namun hanya asam lemak yang terkonversi menjadi biomassa, karena gliserol memiliki sifat anti mikroba yaitu tidak mudah dimetabolisme oleh jamur [17]. Selain itu, gliserol juga mampu meningkatkan viskositas larutan yang dapat menghambat perpindahan oksigen ke dalam sel jamur [18].

Semakin banyak substrat yang terkonsumsi maka jumlah enzim lipase yang dikeluarkan mencukupi untuk menguraikan trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Hal tersebut menandakan bahwa *Rhizopus Oryzae* mampu menyerap substrat tersebut dan mengubahnya menjadi biomassa, namun pada konsentrasi lebih dari 80 g/L banyak substrat yang dikonsumsi tetapi tidak sepenuhnya dikonversi menjadi biomassa dikarenakan gliserol sudah menjadi penghambat proses pertumbuhan biomassa.

Yield konsentrasi biomassa dari konsentrasi substrat awal 60 g/L sampai 80 g/L tidak memiliki perbedaan yang signifikan yaitu antara range 41,27% - 45,26%. Yield konsentrasi biomassa dari konsentrasi substrat 80 g/L ke 100 g/L menunjukkan penurunan yang cukup signifikan yaitu dari 44,99 % ke range antara 19,01 % - 32,28 %. Penentuan konsentrasi substrat awal minyak jelantah optimum dilakukan berdasarkan konsentrasi biomassa yang paling tinggi yaitu pada 80 g/L.

Pada konsentrasi substrat 60 g/L sampai 80 g/L, sumber nitrogen organik pepton mendukung proses pertumbuhan dan pembentukan biomassa *Rhizopus Oryzae* yaitu ditandai dengan yield $Y_{x/s}$ yang berada pada range 41,27% - 45,26%. Sumber nitrogen organik pepton lebih mudah rusak, lebih mudah terdekomposisi dan harganya lebih mahal dibandingkan dengan sumber nitrogen anorganik seperti urea, amonium sulfat dan amonium klorida.

3.2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Sumber Nitrogen Urea Terhadap Perolehan Biomassa

Proses fermentasi minyak jelantah untuk menghasilkan biomassa dapat dipengaruhi oleh jenis sumber nitrogen yang ditambahkan sebagai nutrisi. Semakin bagus jenis nitrogen, maka pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae* akan semakin cepat. Hasil penelitian disajikan pada **Tabel 2**.

Nitrogen merupakan makro nutrisi yang dibutuhkan oleh sel untuk pembentukan protein dan asam nukleat. Kenaikan konsentrasi urea dari 30 g/L ke 40 g/L akan menyebabkan kenaikan konsentrasi biomassa yaitu dari 2,07 g/L menjadi 3,56 g/L. Semakin tinggi konsentrasi sumber nitrogen yang diberikan maka konsentrasi biomasanya juga akan semakin tinggi. Berarti jumlah enzim lipase yang dikeluarkan mencukupi untuk menguraikan trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol sampai angka 40 g/L. Penggunaan

urea sebagai sumber nitrogen pada substrat minyak jelantah dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur *Rhizopus oryzae*, dimana jamur tersebut membutuhkan nitrogen untuk sintesis beberapa komponen sel yang penting, termasuk asam amino dan protein. Urea mampu menjadi sumber nitrogen yang baik pada konsentrasi 30 g/L sampai 40 g/L. Jika membutuhkan konsentrasi biomassa yang lebih tinggi dibutuhkan konsentrasi urea yang lebih tinggi. Kenaikan konsentrasi urea dari 30 g/L ke 70 g/L tidak memberikan kenaikan konsentrasi biomassa yang signifikan. Kenaikan konsentrasi sumber urea dari 40 g/L sampai 70 g/L menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi biomassa yaitu dari 3,56 g/L menjadi 2,75 g/L.

Penelitian yang dilakukan oleh Utami dkk [19] memperoleh nilai tertinggi biomassa sebesar 27,15 g, dan nilai terendah sebesar 21,30 g. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan sumber organik dalam konsentrasi tersebut menginduksi berfungsinya metabolisme mikroorganisme secara efektif, sehingga biomassa yang dihasilkan tinggi.

Pada variasi sumber nitrogen urea dan pepton diperoleh nilai biomassa sebesar 2,17 g/L dan 17,86 g/L dengan konsentrasi sumber nitrogen dan substrat yang sama yaitu 70 g/L dan 80 g/L. Biomassa yang dihasilkan sumber nitrogen urea lebih rendah dibandingkan dengan sumber nitrogen pepton. Urea merupakan nitrogen anorganik sedangkan pepton merupakan sumber nitrogen organik. Sumber nitrogen organik lebih mendukung perkembangan biomassa dibandingkan dengan sumber nitrogen anorganik [20]. Menurut Shuler dan Kargi [21], penambahan sumber nitrogen organik dapat menyebabkan pertumbuhan biomassa lebih cepat dibandingkan dengan nitrogen anorganik karena sintesis asam amino dari sumber nitrogen organik lebih mudah dilakukan oleh mikroorganisme daripada sintesis asam amino dari sumber nitrogen anorganik.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan terhadap konsentrasi substrat minyak jelantah yang dikonsumsi. Hal tersebut berbanding terbalik dengan jumlah biomassa yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah substrat yang dikonsumsi seharusnya semakin banyak juga biomassa yang dihasilkan. Hal tersebut menandakan bahwa *Rhizopus Oryzae* belum mampu menyerap substrat pada konsentrasi minyak jelantah 80 g/L dan mengubahnya menjadi biomassa.

Yield $Y_{x/s}$ mengalami penurunan yang signifikan pada substrat minyak jelantah 80 g/L dengan variasi konsentrasi sumber nitrogen. Konsentrasi substrat yang banyak mengakibatkan kandungan trigliserida meningkat. Apabila trigliserida meningkat maka kadar gliserol pun meningkat. Gliserol dapat menghambat pertumbuhan mikroba untuk mengonversi substrat menjadi biomassa. Hasil perolehan biomassa juga dipengaruhi oleh variasi konsentrasi sumber nitrogen.

Tabel 2. Pengaruh variasi konsentrasi sumber nitrogen urea pada fermentasi minyak jelantah konsentrasi 80 g/L terhadap perolehan biomassa dan $Y_{x/s}$

| Konsentrasi Minyak Jelantah Awal (g/L) | Konsentrasi Urea (g/L) | Konsentrasi Biomassa (g/L) | Konsentrasi Minyak Jelantah Akhir (g/L) | Konsentrasi Minyak Jelantah yang Terkonsumsi (g/L) | Yield $\frac{x}{s}$ (%) |
|--|------------------------|----------------------------|---|--|-------------------------|
| 80 | 30 | 2.07 | 57.39 | 22,61 | 9.16 |
| 80 | 40 | 3.60 | 32.30 | 47,70 | 7.54 |
| 80 | 60 | 3.32 | 19.08 | 60,92 | 4.97 |
| 80 | 70 | 2.74 | 10.84 | 69,16 | 3.97 |

Analisis protein dilakukan pada perolehan biomassa tertinggi yaitu 3,6 g/L konsentrasi sumber nitrogen 40g/L dengan metode Kjeldahl. Hasil analisis kadar protein biomassa didapatkan sebesar 5,06%. Perolehan kadar protein ini jauh lebih sedikit dengan kadar protein pada penelitian yang dilakukan oleh Zhang *dkk* [13] dengan Judul Produksi Protein Biomassa Menggunakan Jamur Mikro dari Pengolahan Air Limbah Kilang Anggur digunakan tiga jenis jamur mikro yaitu *T. viride* WEBL0702, *A. oryzae* WEBL0401 dan *A. niger* WEBL0901 dilakukan analisis kandungan protein pada biomassa. Kandungan protein dalam biomassa jamur yang dihasilkan oleh *T.viride* (24 jam), *A.oryzae* (48 jam), dan *A.niger* (48 jam) dianalisis ketika biomassa yang dihasilkan mencapai nilai puncak. Kandungan protein tertinggi terdapat pada biomassa yang dihasilkan oleh *A.niger* (36,6%) diikuti oleh *A.oryzae* (35,3%). Kandungan protein pada biomassa jamur yang dihasilkan oleh *T.viride* hanya sekitar (19,8%).

KESIMPULAN

Konsentrasi substrat optimum pada proses fermentasi minyak jelantah diperoleh pada 80 g/L dengan nilai yield biomassa terhadap substrat yang dikonsumsi ($Y_{x/s}$) sebesar 44,99% dengan sumber nitrogen pepton 70 g/L. Konsentrasi sumber nitrogen anorganik urea optimum pada proses fermentasi minyak jelantah diperoleh pada 40 g/L dengan nilai yield biomassa terhadap substrat yang dikonsumsi ($Y_{x/s}$) sebesar 7,54%.

KONTRIBUSI PENULIS

GW dan IP melakukan studi mengenai fermentasi substrat minyak jelantah menggunakan rhizopus oryzae untuk menghasikan protein biomassa dengan sumber nitrogen pepton dan urea, membuat laporan penelitian, dan melakukan analisis sampel. GW bertanggung jawab untuk merancang penelitian, analisis pada run 1, menyajikan hasil yang diperoleh, dan penyuntingan naskah serta artikel ilmiah. IP bertanggung jawab memeriksa akurasi data selama proses berlangsung dan analisis pada run 2, menyajikan hasil yang diperoleh, dan penyuntingan naskah serta artikel ilmiah. RM terlibat dalam mengumpulkan data, membuat gambar dan grafik yang diperlukan, dan memberikan saran selama proses

penelitian. mengawasi keseluruhan penelitian. Semua penulis berpartisipasi dalam penulisan revisi dan telah membaca serta menyetujui versi final naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan banyak bantuan dalam proses penyusunan laporan ini : Ibu Rintis Manfaati, S.T., M.T selaku pembimbing yang telah sabar dan ikhlas memberi bimbingan, dukungan, ilmu yang bermanfaat, serta meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan nasehat dalam setiap penyusunan sehingga terciptanya karya ilmiah ini ; Rispiandi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan; Dr. Shoerya Shoelarta, LRSC., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.N. Nigam, "Single Cell Protein from Pineapple Cannery Effluent", World Journal of Microbiology and Biotechnology, vol. 14, 693-696, 1998.
- [2] U.M. Batubara, "Pembuatan Pakan Ikan dan Protein Sel Tunggal Bakteri Fotosintetik Anoksigenik dengan Memanfaatkan Limbah Cair Tepung Tapioka yang Diuji Pada Ikan Nila (*Oreochormis niloticus*)", Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2007.
- [3] Z.J. Cheng, R.W. Hardy, dan J.L. Usry, "Pengaruh suplemen lisin pada tanaman diet berbasis protein pada kinerja rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) dan koefisien pencernaan nutrisi yang nyata", Akuakultur, vol. 215, 255-265, 2023.
- [4] S. Craig and L.A. Helfrich, "Understanding Fish, Feeds, and Feeding", Virginia Cooperative Extension, vol. 420, 1-4, 2009.

- [5] R.P. Wilson, *Amino Acids and Protein*, New York: Academic Press, 1989.
- [6] I. Risti, "Uji Kualitas Minyak Goreng Curah Dan Minyak Goreng Kemasan Di Manado", *Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT*, vol. 5, no. 4, 155-161, 2016.
- [7] L.C. Kheang, C.Y. May, C.S. Foon, dan M.A. Ngan, "Recovery and conversion of palm olein-derived used frying oil to methyl esters for biodiesel", *Journal of Palm Oil Research*, vol.18, 247-252, 2006.
- [8] S. Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*, Jakarta: UIPress, Universitas Indonesia, 2005.
- [9] S. Çağatay, S. dan Z. Aksu, "Use of Difference Kinds of Waste for Lipase Production: Inductive Effect of Waste Cooking Oil on Activity", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 132, no. 3, 234-240, 2021.
- [10] E.M. Rajesh, R. Arthe, R. Rajendran, C. Balakumar, N. Pradeepa, dan S. Anita, "Investigation of Lipase Production by *Trichoderma reesei* and Optimization of Production Parameters", *Electronic Journal of Environmental, Agriculture and Food Chemistry*, vol. 9, no. 7, pp. 1177-1189, 2010.
- [11] H.I. Hendritomo, 1995. "Efektivitas Jamur *CULH* dalam Degradasi Lignoselulosa Kayu Albasia pada Berbagai Sumber Nitrogen dan Konsentrasi Mn^{+} yang Dipersiapkan untuk Proses Biopulp", Laporan Penelitian ITB, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1995.
- [12] N.M. Rojab dan P.C. Manurung, "Fermentasi Minyak Jelantah dengan Biokatalis untuk Menghasilkan Asam Lemak Bebas", Tugas Akhir, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2022.
- [13] Z.Y. Zhang, B. Jin, Z.H. Bai, dan X. Yiwang, "Production of fungal biomass protein using microfungi from winery waste water treatment. *Journal of Bioresource Technology*", vol. 99, 3871-3876, 2006.
- [14] S. Nitayavardhana dan S.K. Khanal, "Production of protein-rich fungal biomass on vinasse as an aquaculture feed ingredient", *Bioresource Technology*, vol. 101, 9078-9085, 2010.
- [15] S. Nitayavardhana dan S.K. Khanal, "Gliserol mentah turunan biodiesel biokonversi ke pakan ternak: opsi berkelanjutan untuk kilang biodiesel", *Teknologi Sumber Daya Hayati*, vol. 102, 5808-5814, 2011.
- [16] T. Sar, K. Larsson, R. Fristedt, I. Undeland, dan M.J. Taherzadeh, "Demo-scale production of protein-rich fungal biomass from potato protein liquor for use as innovative food and feed products", *Food Bioscience*, vol. 47, 101637, 2022.
- [17] R.I. Tranggono dan F. Latifah, *Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2007.
- [18] M. Pagliaro dan M. Rossi, *The Future of Glycerol: New Uses of a Versatile Raw Material*, RSC Publishing, 2003. [e-book] Available: books.rsc.org
- [19] R. Utami, E. Nurhartadi, A. Nursiwi, M.A.M. Andriani, dan I. Fitriyaningsih, "Fermentasi Whey Keju Menggunakan Biji Kefir (Kefir Grains) dengan Variasi Sumber Nitrogen", *AGRITECH*, vol. 37, no. 4, 377-385, 2017.
- [20] P.F. Stanbury, A. Whitaker, dan S.J. Hall, *Principles of Fermentation Technology*, New York: Butterworth-Heinemann, 2016.
- [21] M.L. Schuler dan F. Kargi, *Bioprocess Engineering*, New York: Prentice Hall, 2002.