

SELEKSI PROSES DAN PENENTUAN KAPASITAS PABRIK KIMIA PEMBUATAN BAHAN AKTIF NANOPARTIKEL EKSTRAK LIGNIN DARI JERAMI PADI

Sherly Ayu Lestari dan Lintang Alivia Anggerta

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
sherlyayulestari056@gmail.com ; [lintang.alivia@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Indonesia berada di garis khatulistiwa dan merupakan negara agraris yang memiliki paparan sinar matahari cukup tinggi. Paparan sinar matahari dapat merusak kulit diakibatkan karena adanya radiasi sinar ultra violet (UV). Indonesia ialah negara agraris yang memiliki sektor pertanian cukup besar salah satu tanaman yang ditanam adalah padi. Jerami padi memiliki kandungan lignin sebesar 5-24% yang dapat dimanfaatkan sebagai tabir surya karena sifat antioksidan yang tinggi. Dalam pembangunan suatu industri harus memilih proses produksi yang efektif dan efisien serta mempertimbangkan bahan baku, metode, dan proses produksi. Selain seleksi proses, perhitungan kapasitas pabrik juga dibutuhkan sebelum mendirikan pabrik. Perhitungan kapasitas produksi menggunakan data BPS pada tahun 2018-2022 dengan menghitung kenaikan rata-rata pertahun untuk mendirikan pabrik pada tahun 2026. Metode yang digunakan pada penentuan seleksi proses ialah *factor rating*, yaitu dengan cara memberikan nilai berupa angka 1-5 pada faktor-faktor yang telah ditentukan. Tujuan penelitian ini ialah untuk menyeleksi metode produksi agar menghasilkan produk yang maksimal, serta menentukan kapasitas produksi pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi. Hasil penelitian ini yaitu metode terpilih untuk ekstraksi lignin adalah metode refluks yang membutuhkan waktu singkat, biaya rendah serta keamanan yang baik karena tidak memerlukan suhu tinggi. Hasil perhitungan kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2026 sebesar 2.150 ton/tahun.

Kata kunci: bahan aktif, ekstrak lignin, nanopartikel, seleksi proses, kapasitas produksi

ABSTRACT

Indonesia is located on the equator and is an agricultural country that has high exposure to sunlight. sunlight exposure is quite high. Sun exposure can damage the skin due to the presence of ultra violet (UV) radiation. due to the presence of ultra violet (UV) radiation. Indonesia is an agricultural country which has a large agricultural sector, one of the crops grown is rice. is rice. Rice straw has a lignin content of 5-24% which can be utilized as a sunscreen due to its antioxidant properties. utilized as a sunscreen due to its high antioxidant properties. In the development of an industry must choose an effective and efficient production process and consider the raw materials, methods, and consider raw materials, methods, and production processes. In addition to the selection process, calculation of factory capacity is also needed before setting up a factory. Calculation of production capacity using BPS data in 2018-2022 by calculating the average annual increase to establish a factory in 2026. calculating the average increase per year to set up a factory in 2026. The method used in determining process selection is *factor rating*, which is by giving values in the form of numbers 1-5 on factors that have been determined. The purpose of this research is to select production methods in order to produce maximum products, as well as determine the production capacity. maximum product, as well as determining the production capacity of the Active Ingredient factory Lignin Extract Nanoparticles from Rice Straw. The results of this study are method for lignin extraction is the reflux method which requires a short time, low cost and good safety. time, low cost and good safety because it does not require high temperatures. high temperature. The calculation results of the plant capacity to be established in 2026 of 2,150 tons/year.



Keywords: active ingredients, lignin extract, nanoparticles, process selection, production capacity

1. PENDAHULUAN

Paparan sinar matahari jangka panjang dapat berdampak buruk pada kesehatan kulit [1]. Namun, keuntungan terpapar sinar matahari bagi manusia sebagai pembentuk Vitamin D3 yang baik untuk imunitas tubuh dan pembentukan tulang. Selain menguntungkan, ternyata ada efek samping paparan sinar matahari yaitu dapat mengakibatkan eritema (kulit kemerahan), hiperpigmentasi (kulit gelap), kulit terbakar (*sunburn*), flek dan kanker kulit [2]. Efek samping tersebut bergantung pada tingkat intensitas sinar matahari, frekuensi paparan, durasi eksposur, luas area kulit yang terkena sinar matahari, dan sensitivitas individu terhadap sinar matahari [3].

Belakangan ini, kesadaran masyarakat meningkat terhadap pentingnya merawat dan menjaga kesehatan kulit dari paparan sinar matahari dengan menggunakan *sunscreen* [4]. *Sunscreen* ialah sediaan kosmetik yang berfungsi untuk melindungi kulit, cara kerjanya ialah memantulkan atau menyerap paparan sinar matahari. Kandungan yang ada didalam *sunscreen* dapat berfungsi sebagai filter UV yang melindungi kulit dari radiasi sinar UV [5].

Permintaan produk *sunscreen* dalam negeri semakin mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data Echemi, terjadi pertumbuhan tahunan rata-rata skala pasar *sunscreen* di tahun 2018 sebesar 10% dan diperkirakan akan terus tumbuh hingga 14% ke depannya [6]. Kenaikan permintaan *sunscreen* tersebut diikuti dengan peningkatan kebutuhan bahan baku dalam pembuatan *sunscreen* dari waktu ke waktu, khususnya bahan baku utama yang dapat bersifat sebagai bahan aktif filter UV. Oleh karena itu, penyediaan bahan baku yang dapat menangkal radiasi sinar UV sangat penting untuk dilakukan guna dapat menyediakan kebutuhan pasar dalam negeri.

Salah satu bahan alam yang memiliki potensi menjadi bahan baku pembuatan *sunscreen* alami adalah jerami padi [7]. Jerami padi merupakan limbah dari pertanian padi yang melimpah di Indonesia. Kenaikan produksi beras nasional dari tahun 2010 hingga 2017 yang terus terjadi, membuat Indonesia mampu memproduksi beras hingga 81.382.451 ton, yaitu mengalami peningkatan sekitar 2,56% dibandingkan tahun sebelumnya [8]. Tingginya angka produksi beras tersebut, diikuti dengan kenaikan limbah jerami padi yang diproduksi. Namun, hingga saat ini, pemanfaatan jerami padi masih belum optimal karena sebagian besar jerami hanya digunakan sebagai pakan ternak atau sebagai kompos, sementara sisanya dibakar untuk menghindari penumpukan [9]. Tindakan membakar jerami padi memiliki dampak negatif pada lingkungan yaitu tercemarnya polusi udara dan gas rumah kaca. Di samping itu, jerami padi terdiri dari selulosa (32 – 47%), hemiselulosa (19 – 27%), dan lignin (5 – 24%) [7].

Lignoselulosa merupakan nama untuk senyawa yang tersusun dari hemiselulosa dan lignin pada dinding sel primer dan sekunder tumbuhan kemudian terikat secara kovalen dengan struktur selulosa [10]. Lignin ialah komponen yang melimpah sebagai pembentuk dinding sel yang paling utama pada tumbuhan, berfungsi untuk menguatkan batang, menjadikan dinding sel tahan air, dan juga melindungi tanaman dari patogen [11]. Senyawa lignin mengandung gugus hidroksil fenolik yang efektif sebagai aktivitas antioksidan tinggi. Antioksidan tersebut membantu menstabilkan radikal bebas paparan sinar matahari, bekerja

dengan mengikat radikal bebas dengan atom hidrogen [7]. Lignin juga memiliki kandungan gugus kromofor, seperti *cinnamyl alcohol*, *cinnamaldehyde*, serta gugus karbonil sehingga efektif berperan sebagai filter UV [12]. Prinsip kerjanya dengan cara menyerap panjang gelombang yang mendekati daerah UV-A dan UV-B. Maka dari itu, ekstrak lignin dari jerami padi berpotensi sebagai bahan aktif dalam produksi *sunscreen*.

Kemampuan bahan meningkatkan fungsi pada suatu formulasi untuk mencapai target merupakan peran dari bahan aktif dan salah satu faktor penting dalam kosmetik [13]. Bentuk sediaan yang sedang banyak dikembangkan saat ini adalah bahan berbasis nanopartikel yang berukuran 10 – 1000 nm [14]. Menurut Ahdyani (2020) disebutkan bahwa, nanopartikel secara luas digunakan dalam bidang kosmetika karena berukuran partikel kecil sehingga berdampak pada kelarutan, transparansi, warna, reaktivitas kimia yang lebih baik [15]. Penggunaan bentuk sediaan nanopartikel akan meningkatkan perlindungan lebih baik terhadap sinar ultraviolet.

Hal utama untuk mengembangkan industri adalah merancang pabrik sebelum didirikan. Faktor yang perlu dipertimbangkan sebelum merancang pabrik ialah penentuan kapasitas pabrik dan seleksi prosesnya. Perhitungan kapasitas produksi serta pemilihan seleksi proses yang akurat akan menjadikan industri bersaing dengan industri lain karena dapat beroperasi secara efisien dan efektif [16].

Penentuan kapasitas produksi pada proses sangat penting untuk memprediksi berapa banyak produk yang dapat diproduksi dalam waktu yang diperkirakan, memenuhi permintaan pasar, serta meningkatkan keuntungan dan meminimalkan biaya produksi. Selain menentukan kapasitas produksi, menyeleksi beberapa proses metode pembuatan bahan aktif nanopartikel ekstrak lignin dari jerami padi juga penting, agar mengetahui metode yang paling optimal serta menentukan batas produksi yang dapat dicapai oleh fasilitas produksi dalam jangka waktu tertentu. Sehingga, pada penelitian ini dilakukan penentuan kapasitas pabrik dan seleksi proses pada perancangan pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin Dari Jerami Padi. Tujuan penelitian ini ialah untuk menyeleksi metode produksi agar menghasilkan produk yang maksimal, serta menentukan kapasitas produksi pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Penentuan Kapasitas

Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi yang direncanakan akan dibangun pada tahun 2026 perlu dihitung dengan menggunakan metode perhitungan pertumbuhan rata-rata per tahun. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, belum ditemukan data faktual baik data produksi, konsumsi, impor, maupun ekspor produk *sunscreen* di Indonesia. Oleh karena itu, digunakan data ekspor dan impor *Beauty/Make Up Preparat, for Care of The Skin (Including Sunscreen or Sun Tan Preparations)* sebagai pendekatan untuk menentukan kapasitas produksi Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi. Dilakukan perhitungan untuk mengetahui kenaikan pertumbuhan rata-rata setiap tahunnya menggunakan perhitungan metode linier dengan rumus sebagai berikut [17]:

$$i = \frac{\sum P}{n} \quad (1)$$

Dimana:

i : Pertumbuhan rata – rata pertahun

P : Persen pertumbuhan per tahun

n : Jumlah data persen pertumbuhan

Untuk mendapatkan nilai %P dapat menggunakan Persamaan (2) berikut:

$$\%P = \frac{\text{data tahun yang diinginkan} - \text{data tahun sebelumnya}}{\text{data tahun sebelumnya}} \times 100\% \quad (2)$$

Perhitungan peluang kapasitas pabrik pada tahun 2026 dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan berikut [17].

$$m_{\text{baru}} = (m_{\text{ekspor}} + m_{\text{konsumsi}}) - (m_{\text{produksi}} + m_{\text{impor}}) \quad (3)$$

Keterangan:

m_{baru} : Peluang kapasitas produksi pada pabrik baru

m_{ekspor} : Data jumlah ekspor pada tahun terakhir

m_{konsumsi} : Data jumlah konsumsi pada tahun terakhir

m_{produksi} : Data jumlah produksi pada tahun terakhir

m_{impor} : Data jumlah impor pada tahun terakhir

Perhitungan kapasitas Produksi menggunakan persamaan sebagai berikut [17].

$$\text{Kapasitas produksi} = 60\% \times m_{2026} \quad (4)$$

2.2. Seleksi Proses

Penentuan seleksi proses dilakukan dengan beberapa metode seperti *factor rating*. *Factor rating* merupakan salah satu metode untuk mempermudah penentuan seleksi proses yang efisien dan efektif, dengan cara memberikan nilai berupa angka 1-5 pada faktor – faktor yang telah ditentukan [16]. Dalam hal ini, pemilihan seleksi proses dengan cara memberikan skor pada *range* skala 1-5.

Seleksi proses pada Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi meliputi jenis-jenis metode pengambilan ekstrak lignin seperti proses perkolasi, refluks, maserasi dan ultrasonikasi. Serta metode penentuan sintesis nanopartikel seperti Sol-Gel dan pH *Shifting*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Kapasitas

Dalam pengolahan data, digunakan data penggolongan jenis kosmetik agar nilai asumsi yang didapatkan menjadi lebih spesifik. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 045/C/SK/1977 tanggal 22 Januari 1977, kosmetik digolongkan menjadi 13 kelompok, di antaranya preparat untuk bayi, preparat untuk mata, preparat untuk wangi-wangian, preparat untuk rambut, preparat pewarna rambut, preparat *make up*, preparat kebersihan mulut, preparat kebersihan badan, preparat perawatan kulit, preparat cukur, preparat untuk *sun tan* dan *sunscreen* [18]. Melalui hal tersebut, data ekspor-impor *sunscreen* di

Indonesia, nilai total ekspor kosmetik dan nilai total impor kosmetik perlu dibagi 13 agar mendapatkan pendekatan yang lebih spesifik dapat ditinjau melalui data pada Tabel 1.

Tabel 1. Data ekspor-impor *sunscreen* Indonesia

Tahun	Ekspor		Impor	
	Total Ekspor Kosmetik (kg)	Ekspor <i>sunscreen</i> (kg)	Total Impor Kosmetik (kg)	Impor <i>sunscreen</i> (kg)
2018	6.845.926	526.610	5.766.131	443.549
2019	3.850.170	296.167	6.695.310	515.024
2020	5.883.619	452.586	6.552.821	504.063
2021	8.099.413	623.032	7.778.110	598.316
2022	13.948.120	1.072.932	6.189.181	476.091

Sumber: Badan Pusat Statistik (202-2023)

Dilakukan perhitungan untuk menghitung kenaikan rata-rata setiap tahun (i) untuk mengetahui pertumbuhan setiap tahunnya pada data yang ada di Tabel 2. menggunakan perhitungan metode linier sesuai dengan Persamaan (1) yang dipaparkan pada sub bab metodologi di atas.

Kemudian untuk mendapatkan nilai %P seperti pada Tabel 2. dapat menggunakan Persamaan (2) yang dipaparkan pada sub bab metodologi di atas.

Tabel 2. Pertumbuhan rata-rata data ekspor dan impor *sunscreen*

Tahun	Jumlah (kg/tahun)		%P	
	Ekspor <i>sunscreen</i>	Impor <i>sunscreen</i>	Ekspor	Impor
2018	526.610	443.549	0	0
2019	296.167	515.024	16	-44
2020	452.586	504.063	-2	53
2021	623.032	598.316	19	38
2022	1.072.932	476.091	-20	72
	Σ %P		12,3	118,9
	i		3,1	29,7

Berdasarkan pengolahan data ekspor-impor pada Tabel 1. yang dilampirkan pada Tabel 2, diperoleh pertumbuhan rata-rata ekspor *sunscreen* sebesar 3,1% dan nilai rata-rata impor *sunscreen* sebesar 29,7%. Perhitungan peluang kapasitas pabrik *sunscreen* pada tahun 2026 dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (3) yang dipaparkan pada sub bab metodologi diatas.

Berikut merupakan perhitungan data jumlah produksi, konsumsi, ekspor, dan impor pada tahun 2026.

a. Produksi

$$m_{p2026} = m_{p2022} \times (1 + i_p)^{(2026-2022)}$$

$$m_{p2026} = 0 \times (1 + 0)^{(2026-2022)}$$

$$m_{p2026} = 0 \text{ kg/tahun}$$

b. Konsumsi

Karena data impor tidak diketahui, diasumsikan data impor = data konsumsi

$$m_{k2026} = m_{k2022} \times (1 + i_k)^{(2026-2022)}$$

$$m_{k2026} = 476.091 \times (1 + 0,031)^{(2026-2022)}$$

$$m_{k2026} = 537.181 \text{ kg/tahun}$$

c. Ekspor

$$m_{e2026} = m_{e2023} \times (1 + i_e)^{(2026-2022)}$$

$$m_{e2026} = 1.072.932 \times (1 + 0,297)^{(2026-2022)}$$

$$m_{e2026} = 3.039.181 \text{ kg/tahun}$$

d. Impor

Pendirian pabrik *sunscreen* diasumsikan mampu memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri sehingga impor diberhentikan atau data impor = 0

$$m_{i2026} = m_{e2023} \times (1 + i_i)^{(2026-2022)}$$

$$m_{i2026} = 0 \times (1 + 0)^{(2026-2022)}$$

$$m_{i2026} = 0 \text{ kg/tahun}$$

Data produksi dan konsumsi produk *sunscreen* di Indonesia tidak tersedia. Oleh karena itu, data impor digunakan sebagai data konsumsi produk *sunscreen* dalam negeri. Sedangkan, data produksi *sunscreen* di Indonesia dianggap bernilai nol karena tidak terdapat data produksi *sunscreen* dalam negeri. Selain itu, dilakukan asumsi bahwa data impor bernilai nol dengan anggapan bahwa pabrik *sunscreen* yang baru mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Melalui hal tersebut, peluang kapasitas produksi pabrik *sunscreen* dapat dihitung menggunakan Persamaan (3) yang dipaparkan pada sub bab metodologi di atas.

$$m_{2026} = (3.039.181 + 537.181) - (0 + 0)$$

$$m_{2026} = 3.576.362 \text{ kg/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, perkiraan kapasitas pabrik baru pada tahun 2026 adalah sebesar 3.576.362 kg/tahun. Indonesia telah memiliki pabrik lama yang memproduksi *sunscreen* sehingga kapasitas pabrik baru diharuskan dapat memenuhi 60% dari peluang yang ada. Perhitungan kapasitas Produksi Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi menggunakan Persamaan (4) yang dipaparkan pada sub bab metodologi di atas.

Kapasitas produksi Bahan Aktif Nanopartikel Lignin dari Jerami Padi

Kapasitas produksi = 60% x 3.576.362 kg/tahun

Kapasitas produksi = 2.145.817 kg/tahun

Melalui pembulatan yang dilakukan, kapasitas Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi adalah sebesar 2.150 ton/tahun dengan harapan mampu memenuhi 60% kebutuhan *sunscreen* di dalam negeri pada tahun 2026. Menurut data Echemi, tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata skala pasar *sunscreen* di Indonesia pada tahun 2018 adalah 10% yaitu sebanyak 133,8 miliar, kemudian diperkirakan akan meningkat sebesar 14% yaitu sebanyak 262,5 miliar di pada tahun 2023 [6].

3.2 Seleksi Proses

Seleksi proses mengutamakan aspek ekonomi, aspek teknis, dan aspek dampak lingkungan. Aspek ekonomi melibatkan investasi (jumlah modal), *Rate of Return* (laju pengembalian modal), dan *Pay Out Time* (waktu pengembalian modal) yang akan digunakan, serta biaya operasional. Aspek teknis meliputi operasi proses dan proses itu sendiri, seperti kualitas bahan baku yang digunakan, konversi reaksi, dan kualitas produk

dan kondisi operasi (suhu dan tekanan). Aspek dampak lingkungan melibatkan pengaruh suatu proses di industri yang akan mengganggu terhadap lingkungan, seperti pencemaran gas beracun dan limbah cair [17].

A. Metode Pengambilan Ekstrak Lignin

1) Proses Perkolasi

Perkolasi merupakan metode ekstraksi dengan cara mengalirkan pelarut melalui serbuk jerami padi. Metode perkolasi menggunakan alat bernama perkolator, kemudian ekstrak yang terkumpul disebut perkolat [19]. Prinsip ekstraksi metode perkolasi yaitu serbuk jerami padi di masukkan kedalam bejana silinder partisi berpori pada bagian bawah, cairan pelarut mengalir dari atas kemudian turun ke bawah melalui serbuk jerami padi, pelarut cair tersebut akan melarutkan bahan aktif yang ada di dalam serbuk jerami padi. Pelarut bergerak jatuh ke bawah dikarenakan adanya gaya gravitasi dan tekanan penyaringan cairan di atasnya, selain itu karena gaya kapiler yang cenderung menentang gerakan ke bawah [20].

2) Proses Refluks

Refluks merupakan metode ekstraksi dengan menggunakan titik didih pelarut dalam waktu sesuai dengan yang diinginkan dan metode ekstraksi ini menggunakan volume pelarut yang tetap selama pendinginan ulang. Ekstraksi refluks biasanya dipilih untuk untuk mengekstrak bahan yang bersifat termostabil [21]. Prinsip ekstraksi metode refluks yaitu menggunakan pelarut yang memiliki sifat volatil, kemudian pelarut tersebut menguap karena dipanaskan, kemudian pelarut memasuki kondensor untuk proses pendinginan (perubahan wujud dari uap ke cair), pelarut yang berbentuk cair mengalir kembali ke dalam bejana reaksi. Penggunaan metode refluks pada senyawa organologam untuk sintesis senyawa anorganik akan bersifat reaktif, sehingga menyebabkan pelarut selama reaksi terbebas dari uap air dan gas oksigen [22].

3) Proses Maserasi

Maserasi merupakan metode ekstraksi yang simpel, serbuk jerami padi direndam dengan pelarut yang sesuai tanpa memerlukan proses pemanasan pada suhu kamar 15-20 °C selama beberapa jam atau hari [23]. Prinsip kerja metode maserasi adalah proses pelarutan suatu bahan aktif berdasarkan kelarutannya dalam suatu pelarut. Selama proses maserasi larutan harus terlindung dari cahaya dan hasil akhirnya akan didapatkan ekstrak zat aktifnya.

4) Proses Ultrasonikasi

Ultrasonikasi ialah metode ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik, gelombang tersebut adalah gelombang akustik dengan frekuensi >20 kHz [24]. Apabila gelombang ultrasonik melalui jaringan, maka akan melepaskan energi kalor sehingga terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan bertambah dan muncul efek kavitasi yaitu pembentukan kemudian pertumbuhan dan pemecahan gelembung di dalam cairan, sehingga menyebabkan dinding sel dari serbuk jerami padi pecah, sehingga senyawa yang diekstrak mudah untuk terdifusi ke pelarut [25]. Faktor yang mempengaruhi ekstraksi dengan metode ultrasonikasi yaitu waktu, suhu, ukuran partikel, jenis pelarut, rasio bahan dengan pelarut [26].

Tabel 3. Kelebihan dan kekurangan pada metode pengambilan ekstrak lignin

No.	Parameter	Jenis Proses							
		Perkolasi	Skor	Refluks	Skor	Maserasi	Skor	Ultrasonik	Skor
1	Aspek Teknis								
	Kondisi Proses:								
	- Waktu Proses	Lama	2	Cepat	4	Lama	2	Cepat	3
	- Waktu Pemanasan	Lama	2	Cepat	4	Tidak ada	3	Cepat	3
	- Bahan Pembantu	Pelarut	2	Pelarut	2	Pelarut	2	Gelombang	2
	- Jumlah Alat	1	3	1	3	1	3	1	3
	- Yield	Sedikit	1	Banyak	4	Sedikit	1	Banyak	2
	Kondisi Operasi:								
	- Suhu (°C)	Suhu ruang	3	80	2	Suhu ruang	3	Suhu rendah	3
	- Tekanan (atm)	1	3	14,803	2	1	2	1	3
2	Aspek Ekonomis	Murah	3	Murah	3	Murah	3	Mahal	1
3	Aspek Dampak Lingkungan								
	- Limbah	Bahaya	1	Bahaya	1	Bahaya	1	Bahaya	1
	- Jenis	Pelarut	1	Pelarut	1	Pelarut	1	Pelarut	1
	- Jumlah	Banyak	1	Sedikit	3	Banyak	1	Sedikit	3
TOTAL			22		29		22		25

Keterangan Skor:

- 1 = Buruk
- 2 = Kurang
- 3 = Cukup
- 4 = Cukup baik
- 5 = Sangat Baik

Berdasarkan total skoring Tabel 3, metode refluks mendapatkan skor sebesar 29 dan unggul daripada metode pengambilan lignin proses perkolasi, maserasi dan ultrasonikasi. Metode refluks terpilih dengan mempertimbangkan biaya yang rendah, alat sederhana seperti sokhlet, *heating mantle*, dan kondensor. Selain itu, metode refluks menggunakan kondisi operasi yang aman serta waktu proses saat menggunakan metode refluks yang cukup singkat menjadi dasar memilih metode ini, proses berjalan selama ± 60 menit. Pelarut yang digunakan adalah jenis etanol 95% yang bisa *direcovery* agar tidak mencemari lingkungan.

B. Metode Penentuan Sistesis Nanopartikel

1) Metode Sol – Gel

Metode sol – gel merupakan metode untuk menentukan nanopartikel dengan cara sintesis nanopartikel menggunakan dua tahapan fasa yaitu sol dan gel. Metode sol – gel ditemukan pada tahun 1800 an oleh Ebelman dan Graham [26]. Proses ini didasarkan pada sintesis gel dari sol organik – anorganik melalui proses gelasi. Metode sol – gel terdiri dari empat tahap antara lain hidrolisis, kondensasi dan polimerisasi monomer untuk

membentuk rantai dan partikel, pertumbuhan partikel, dan aglomerasi (pembentukan) struktur polimer yang diikuti dengan pembentukan jaringan yang meluas ke seluruh media cair sehingga terjadi penebalan yang membentuk gel [27]. Reaksi sol – gel sebagian besar dipengaruhi oleh suhu, waktu, pelarut, dan katalis [28]. Metode sol – gel ini termasuk cara sintesis nanopartikel yang hemat biaya, sederhana dan dapat di reproduksi. Proses sintesis nanopartikel dengan metode sol – gel membutuhkan suhu reaksi rendah dan periode sintesis yang singkat [27].

2) Metode pH *Shifting*

Metode pH *shifting* merupakan metode untuk menentukan nanopartikel kompleks yang stabil untuk mendapatkan stabilitas nanopartikel dengan mengatur pH larutan reaksi ke tingkat yang diinginkan [29]. Pada pembuatan *sunscreen* metode pH *shifting* ini digunakan untuk meningkatkan sifat fungsionalnya dan meningkatkan efektivitas *sunscreen* dengan bahan aktif seperti lignin. Pada metode pH *shifting* ini bahan aktif yang digunakan diatur pada pH larutan reaksi ke tingkat yang diinginkan, lalu dilakukan sintesis nanopartikel dengan menambahkan larutan asam atau basa sampai pH mencapai yang ditentukan, lalu dilakukan karakterisasi nanopartikel yang dihasilkan dengan menggunakan teknik salah satunya seperti spektroskopi UV – Vis. Dalam metode pH *shifting* dapat mencegah iritasi kulit yang disebabkan oleh pH *sunscreen* yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, sehingga dapat memastikan pH *sunscreen* sesuai dengan pH kulit manusia. Metode pH *shifting* juga merupakan metode kimia yang sederhana, relatif aman dan murah dengan peralatan yang minimal.

Tabel 4. Kelebihan dan kekurangan pada metode sintesis nanopartikel

No.	Parameter	Metode			
		Sol - Gel	Skor	pH <i>Shifting</i>	Skor
1	Aspek Teknis				
	Kondisi Proses:				
	- Waktu Proses	Lama	2	Cepat	4
	- Bahan Pembantu	Katalis	2	Larutan	3
	- Jumlah Alat	Banyak	1	pereaksi	4
	- Hasil	Rentang Gagal	2	Pipet tetes & pH meter	4
				Baik	
	Kondisi Operasi:				
	- Suhu (°C)	Tidak spesifik	2	30	3
	- Tekanan (atm)	1	3	1	2
2	Aspek Ekonomis	Mahal	2	Murah	4
3	Aspek Dampak Lingkungan				
	- Limbah	Bahaya	1	Bahaya	1
	- Jenis	Pelarut	1	H ₂ SO ₄ , HCl	1
	- Jumlah	Banyak	1	Banyak	1
TOTAL			17		27

Keterangan Skor:

- 1 = Buruk
- 2 = Kurang
- 3 = Cukup
- 4 = Cukup baik
- 5 = Sangat Baik

Berdasarkan total skoring Tabel 4, metode pH *Shifting* mendapatkan skor sebesar 27 dan unggul daripada metode sintesis nanopartikel menggunakan metode Sol - Gel. Metode pH *Shifting* terpilih dengan mempertimbangkan kondisi proses, alat sederhana seperti pipet tetes dan pH meter. Selain itu, metode pH *Shifting* menggunakan kondisi operasi yang aman serta waktu proses saat menggunakan metode ini cukup singkat dan simpel menjadi dasar memilih metode pH *Shifting*, proses berjalan selama ± 5 menit. Larutan pereaksi yang digunakan adalah H₂SO₄, HCl.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan kapasitas berdasarkan data yang sudah didapatkan dari Badan Pusat Statistik menghasilkan kapasitas produksi Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi sebesar 2.150 ton/tahun dengan harapan mampu memenuhi 60% kebutuhan *sunscreen* di dalam negeri pada tahun 2026. Proses produksi hasil dari seleksi proses pada Pabrik Bahan Aktif Nanopartikel Ekstrak Lignin dari Jerami Padi ialah menggunakan ekstraksi metode refluks dan sintesis nanopartikel menggunakan metode pH *shifting*. Pemilihan metode tersebut lebih menguntungkan dilihat dari segi ekonomi, waktu proses, suhu yang digunakan, serta kualitas produk yang dihasilkan.

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah melakukan pemahaman dan pengkajian berbagai data yang didapat dan disiplin ilmu yang akan menunjang analisis kelayakan pendirian suatu pabrik kimia.

REFERENSI

- [1] E. Fadilah Mumtazah dkk., "Pengetahuan Mengenai Sunscreen Dan Bahaya Paparan Sinar Matahari Serta Perilaku Mahasiswa Teknik Sipil Terhadap Penggunaan Sunscreen," *Jurnal Farmasi Komunitas*, vol. 7, no. 2, hal. 63–68, 2020.
- [2] Azyyati Adzhani, Fitrianti Darusman, dan Ratih Aryani, "Kajian Efek Radiasi Ultraviolet terhadap Kulit," *Jurnal Bandung Conference Series Pharmacy*, vol. 2, no. 2, hal. 106–112, 2022.
- [3] S. Batubara, C. Amelia, dan A. D. Yuneldi, "Hubungan Lamanya Paparan Sinar Matahari dengan Kejadian Melasma pada Wanita Petugas Penyapu Jalan di Dinas Lingkungan Hidup Kota Batam," *Jurnal Zona Kedokteran Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Batam*, vol. 11, no. 3, hal. 76–82, 2021.
- [4] I. Naufal, "Kesadaran Masyarakat akan Pentingnya Perawatan Kulit Meningkatkan Pesat," *inilah.com*, 2023.
- [5] D. Ekowati dan I. R. Hanifah, "Potensi Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) Sebagai Sunscreen Dalam Sediaan Hand Body Lotion," *Jurnal Ilmiah Manuntung*, vol. 2, no. 2, hal. 198–207, 2017.
- [6] Echemi, "Sunscreen In Indonesia Grows By More Than 10% Annually," *echemi.com*,

- 2019.
- [7] D. N. Sari L. A. Anggerta, dan A. F. Alfiana "Lignin Dari Jerami Padi Sebagai Material Tabir Surya" *Jurnal Eklptika*, vol. 4, no. 1, hal. 2–6, 2023.
- [8] Badan Pusat Statistik, "Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi, 2021-2023".
- [9] Abdurrosyid, "Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Pupuk Organik," *Kampus Tani*, 2022. <https://www.kampustani.com/pemanfaatan-jerami-padi-sebagai-pupuk-organik/>
- [10] L. Pane, "Mengenal Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin," *Panen Hutan*. <https://www.panehutan.com/2021/07/mengenal-selulosa-hemiselulosa-dan.html>
- [11] R. Setiati dkk., "Analisa Spektrum Infra Red Pada Proses Sintesa Lignin Ampas Tebu Menjadi Surfaktan Lignosulfonat," *Jurnal Seminar Nasional Cendekiawan*, hal. 1–11, 2016.
- [12] I. Jeffti, "Sintesis dan Karakterisasi Lignin Iridiasi sebagai Antioksidan Hasil Isolasi Dari Lindi Hitam Limbah Bioetanol Generasi Kedua," Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2023.
- [13] A. F. Ramadhana, "Dispersi Padat sebagai Metode Peningkatan Kelarutan Bahan Obat Dalam Tablet: Formulasi dan Karakterisasi" *Jurnal Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran*, vol. 19, no. 2, hal. 148-169, 2021.
- [14] R. Martien, Adhyatmika, I. D. K. Irianto, V. Farida, dan D. P. Sari, "Technology Developments Nanoparticles as Drug," *Jurnal Majoring Farmasi*, vol. 8, no. 1, hal. 133–144, 2012.
- [15] A. A. Risa Ahdyani, Sri Rahayu, Irfan Zamzani, "Pengembangan Sistem Penghantaran Berbasis Nanopartikel Dalam Sediaan Kosmesetika Herbal (Review: Development Of Nanoparticel-Based Delivery System In Herbal Cosmeceutics)" *Journal Of Current Pharmaceutical Science.*, vol. 4, no. 1, hal. 2598-2095, 2020.
- [16] M. F. Widyono dan N. Hendrawati, "Seleksi Proses Dan Penentuan Kapasitas Pabrik Kimia Pembuatan Yogurt Dari Bahan Baku Kedelai," *Jurnal Distilat Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 664–670, 2023.
- [17] Kusnarjo, "Desain Pabrik Kimia" Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2010.
- [18] Latifah, "Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik". Jakarta, 2007.
- [19] Ibtisam, "Optimasi Pembuatan Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia Uniflora L.*) Menggunakan Metode Perkolasi Dengan Parameter Kadar Total Senyawa Fenolik Dan Flavonoid". Surakarta: eprints.ums.ac.id, 2008.
- [20] A. Saefurohman, "Manajemen dan Pengelolaan Laboratorium," *Universitas Islam Negeri Institutional Repository*, 2018.
- [21] S. Susanty dan F. Bachmid, "Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi Dan Refluks Terhadap Kadar Fenolik Dari Ekstrak Tongkol Jagung (*Zea mays L.*)," *Jurnal Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 87, 2016.
- [22] H. T. Aditya, "Ekstraksi Daun Mimba (*Azadirachta indica A. Juss*) dan Daun Mindi (*Melia azedarach*) Untuk Uji Kandungan Azadirachtin Menggunakan Spektrofotometer," *Jurnal Universitas Diponegoro*, hal. 6–22, 2015.
- [23] R. Y. Asworo dan H. Widwastuti, "Pengaruh Ukuran Serbuk Simplisia dan Waktu Maserasi terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Sirsak," *Journal Indonesian Pharmaceutical Education*, vol. 3, no. 2, hal. 256–263, 2023.

- [24] L. Shen *et al.*, "A Comprehensive Review Of Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) For Bioactive Components: Principles, Advantages, Equipment, And Combined Technologies," *Journal Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 101, no. August, hal. 106646, 2023.
- [25] J. B. Baranyika, S. Bakire, P. Shoucheng, H. Hirwa, J. Uwagaba, dan S. Meihao, "Optimization Of Ultrasonic Extraction, Structural Characterization, And Antioxidant Activities Of Polysaccharides From Radix Pueraria Lobata, A Chinese Medicinal Plant," *Journal Results Chemistry*, vol. 5, no. June, hal. 100989, 2023.
- [26] V. Rifkia dan R. Revina, "Pengaruh Variasi Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi Ultrasonik dari Ekstrak Daun Kelor terhadap Rendemen dan Kadar Total Fenol," *Journal FIOnline*, vol. 15, no. 1, hal. 94–100, 2023.
- [27] S. Widodo, "Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas," *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010*, hal. E201–E208, 2010.
- [28] Z. Azharman, *Makalah Kimia Material*. Padang: Getstar Zsky, 2014.
- [29] U. Indonesia dkk., "Universitas indonesia," 2015.