

Research Paper

Optimasi Parameter Pembuatan Karbon Aktif Berbasis Kulit Durian Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM)

Optimization Parameters of Durian Peel-Based Activated Carbon Using Response Surface Methodology (RSM)

Dennis Farina Nurya^{a*}, Intan Wahyuning Kurniawati^b, Martin Sugiarto Manurung^b, Muhammad Zulfikar Luthfi^a, Muhammad Nasyarudin Iqbal^a

^aProgram Studi Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten, Jalan Karang Bolong Cikoneng, Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Banten, 42166.

^bProgram Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35365.

Artikel Histori : Submitted 6 Juni 2024, Revised 15 Juli 2024, Accepted 12 August 2024, Online 30 November 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i2.843>

ABSTRAK: Kulit durian merupakan salah satu limbah pertanian yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan berpotensi digunakan alternatif karbon aktif berbasis biomassa. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji proses optimasi pembuatan karbon aktif dari kulit durian dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 . Proses optimasi dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengoptimalkan variabel-variabel yang mempengaruhi kualitas karbon aktif menggunakan metode *Box-Behnken*. Variabel yang digunakan adalah konsentrasi H_3PO_4 20% v/v, 25% v/v, dan 30% v/v, lama aktivasi 12 jam, 24 jam, dan 36 jam, rasio berat karbon aktif terhadap aktivator H_3PO_4 1:2 m/v, 1:3 m/v, dan 1:4 m/v. Hasil optimasi menggunakan metode RSM menunjukkan daya serap iodine sebesar 790,139 mg/g diperoleh pada kondisi berikut, konsentrasi H_3PO_4 30% v/v, lama aktivasi 34,78 jam, dan rasio berat karbon aktif terhadap aktivator H_3PO_4 1:4 m/v. Karbon aktif dari kulit durian dengan kondisi optimum diperoleh nilai luas permukaan sebesar $2,407 \times 10^{-11} m^2$ dan diameter karbon aktif sebesar 4,878 μm menggunakan uji analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Kata Kunci: aktivator H_3PO_4 , *Box-Behnken*, Daya Serap Iodin, Kulit Durian, Optimasi.

ABSTRACT: Durian peel is one of the agricultural wastes that has not been utilised optimally and has the potential to be used as an alternative to biomass-based activated carbon. This study was conducted to study the optimisation process of making activated carbon from durian peel using H_3PO_4 activator. The optimisation process was carried out using *Response Surface Methodology* (RSM) to optimise the variables that affect the quality of activated carbon using the *Box-Behnken* method. The variables used were 20% v/v, 25% v/v, and 30% v/v H_3PO_4 concentrations, activation time of 12 hours, 24 hours, and 36 hours, weight ratio of activated carbon to H_3PO_4 activator 1:2 m/v, 1:3 m/v, and 1:4 m/v. The optimization using RSM method results showed an iodine absorption capacity of 790.139 mg/g obtained under the following conditions, H_3PO_4 concentration of 30% v/v, activation time of 34.78 hours, and weight ratio of activated carbon to H_3PO_4 activator of 1:4 m/v. Activated carbon from durian peel with optimum conditions obtained surface area value of $2.407 \times 10^{-11} m^2$ and activated carbon diameter of 4.878 μm using *Scanning Electron Microscopy* (SEM) analysis test.

Keywords: H_3PO_4 activator; *Box-Behnken*; Iodine Absorption, Durian Peel, Optimization.

1. PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan material dengan bentuk arang hitam, memiliki struktur pori permukaannya yang besar dan luas, selain itu, biasanya digunakan sebagai adsorben, untuk menyerap gas dan senyawa kimia lainnya [1]. Pada sektor industri, seperti industri pengolahan makanan dan minuman, kimia, farmasi, perminyakan dan otomotif menggunakan karbon aktif dalam unit pengolahannya [2]. Karbon aktif komersial

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan
e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *

dennis.farina@poltek-petrokimia.ac.id



biasanya diperoleh dengan menggunakan batu bara sebagai prekursor [3], sehingga diperlukan biaya pemrosesan yang sangat mahal, untuk itu biasanya digunakan alternatif pengganti yang lebih terjangkau, terutama dari biomassa.

Adsorben merupakan bahan yang permukaannya terjadi adsorpsi. Memiliki daya serap yang cukup tinggi, kemampuan penyerapannya ini disebabkan oleh banyaknya pori-pori dalam karbon [4]. Adsorben sering digunakan sebagai pemisah polutan organik [5]. Bahan baku yang bisa digunakan sebagai adsorben yaitu memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan tersebut dapat ditemukan di tempurung kelapa [6], kulit durian [7], tongkol jagung [8].

Pada tahun 2019 menurut data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura, produksi durian mencapai 1.169.804 ton [9]. Durian (*Durio zibethinus Murr*) mengandung selulosa 60,45%, hemiselulosa 13,09%, dan lignin 15,45% [10]. Durian terdiri dari 60-70 % kulit, 20-25 % daging, dan 5-15 % biji [11]. Kulit durian selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal kulit durian dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif [12]. Pada proses pembuatan karbon aktif terdapat 3 proses yaitu pemilihan bahan dasar, karbonisasi, dan aktivasi. Proses aktivasi dibagi menjadi 2 metode yaitu aktivasi fisika, menggunakan panas, uap, dan CO dengan temperatur yang tinggi, dan aktivasi kimia, menggunakan bahan-bahan kimia seperti H_3PO_4 , HCl, dan NaOH dengan cara merendam arang dalam larutan kimia tersebut [13]. Karakteristik karbon aktif paling signifikan adalah luas permukaan dan daya serap yang sangat dipengaruhi oleh kondisi preparasi saat pembuatannya sehingga diperlukan studi mengenai optimasi. *Response surface methodology* (RSM) adalah teknik penyelesaian masalah dengan menggunakan matematika atau fungsi dan menganalisis masalah tersebut, respon yang ingin dicapai dipengaruhi beberapa perubahan sehingga respon tersebut berada pada titik optimumnya [14] [15]. RSM dapat meminimalkan penggunaan bahan kimia, waktu, dan analisis yang mahal, sehingga dapat mendorong pengurangan biaya tambahan [16]. Mishra, et.al melakukan penelitian pembuatan karbon aktif berbahan cangkang buah *Limonia acidissima* menggunakan metode RSM dengan kondisi optimum dengan temperatur karbonisasi 400 °C, konsentrasi $ZnCl_2$ 30%, dan rasio berat $ZnCl_2$ dengan karbon aktif 2:1, dihasilkan daya serap terhadap larutan iodium adalah 799,659 mg/gr [11]. Penelitian lainnya oleh M. Yaseen et.al yang menggunakan metode *Box-Behnken* (RSM-BBD) untuk mengkonversi karbon aktif dari biomassa perikarp biji karet melalui proses pemanasan gelombang mikro dengan menggunakan H_3PO_4 sebagai bahan pengaktif, dimana kondisi aktivasi terbaik pada preparasi RSP-AC yaitu pada rasio impregnasi 1:2 (RSP: H_3PO_4), daya radiasi 800 W dan waktu radiasi 15 menit. Karbon aktif tersebut digunakan pada penghilangan zat warna metilen biru (MB) dengan efektifitas sebesar 92% dan dihasilkan luas permukaan spesifik = 1245,7 m²/g [17].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan proses optimasi pembuatan karbon aktif dari kulit durian menggunakan aktivator H_3PO_4 dengan memvariasikan konsentrasi aktivator, lama aktivasi, dan rasio berat aktivator dengan karbon aktif menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Diharapkan dalam metode optimasi pada pembuatan karbon aktif berguna untuk menentukan kondisi optimum proses karbonisasi dan aktivasi secara kimia yang dilakukan dapat menghasilkan produk karbon aktif dengan daya serap yang optimum.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku digunakan dalam penelitian ini merupakan kulit durian yang diperoleh dari toko buah di daerah Way Halim, Bandar Lampung. Bahan lainnya yaitu larutan H_3PO_4 85%, larutan iodin 0,1 N, larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N, indikator amilum 1%, dan akuades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, *furnace*, *sieve screen* 30 mesh, serta alat untuk uji analisis adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM) ZEISS/EVO MA10, *software* aplikasi *Response Surface Methodology* Minitab 19, dan *Software ImageJ*.

2.1. Preparasi Karbon Aktif dari Kulit Durian

Tahap awal merupakan preparasi kulit durian, dimana kulit durian dicuci bersih menggunakan akuades, kemudian dipotong berukuran ± 2 cm. Kulit durian dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 110 °C selama 3 jam untuk menurunkan kadar airnya hingga dibawah 10%. Kulit durian kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada kondisi temperatur 300 °C selama 60 menit. Arang kulit durian dilakukan penyeragaman ukuran menggunakan *sieve screen* 30 mesh dan disimpan dalam desikator untuk analisis selanjutnya.

Selanjutnya yaitu tahap aktivasi arang kulit durian menjadi karbon aktif, dimana kulit durian yang telah melalui proses karbonisasi menjadi arang direndam dalam larutan H_3PO_4 (20, 25 dan 30% (v/v)) selama 12, 24 dan 36 jam dengan rasio berat larutan aktivator dan berat karbon (2:1, 3:1 dan 4:1 (m/v)). Arang kulit durian yang teraktivasi menjadi karbon aktif, kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan akuades hingga mencapai pH 7 (netral). Setelah itu, karbon aktif dioven dengan kondisi temperatur 150 °C selama 20 menit, dan disimpan dalam wadah sampel sebelum digunakan analisis selanjutnya.

Pada tahap pengujian daya serap iodin, sampel karbon aktif sebanyak 0,25 gram dimasukkan dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 25 mL larutan iodin 0,1 N. Kemudian diambil 10 ml filtrat dan dititrasikan menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampa berwarna kuning pucat. Filtrat dititrasikan kembali dengan menambahkan 1 mL indikator amilum 1% sampai berwarna biru tua. Dititrasikan kembali sampai tidak berwarna, daya serap iodin dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IAN = \frac{10 - \left(\frac{B \cdot C}{D}\right) 12,693 \cdot fp}{w} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

IAN = Bilangan iodin (mg iodin/gram karbon aktif)

B = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang terpakai saat titrasi karbon aktif (ml)

C = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

D = normalitas iodin

W = massa karbon aktif (gram)

12,693 = jumlah iodin yang sesuai dengan 1 ml larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

fp = faktor pengenceran

2.1 Desain Eksperimen Menggunakan Box Behnken 3 faktorial

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan *Box-Behnken Design* karena hanya memerlukan jumlah percobaan yang lebih sedikit. Level percobaan *Box-Behnken Design* terdiri dari 15 kali percobaan yang terdiri dari 12 kali percobaan yang dilakukan pada level atas (+1), level tengah (0), dan level bawah (-1) serta ditambah 3 kali percobaan yang dilakukan pada level tengah. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan *software* statistika minitab 19. Pada penelitian ini variabel respon yang digunakan dan matriks *Box-Behnken* untuk 3 variabel ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks *Box-Behnken* untuk 3 variabel

Level	Konsentrasi aktivator (X ₁)	Lama aktivasi (X ₂)	Rasio berat karbon aktif:aktivator (X ₃)
(-1)	20 % (v/v)	12 jam	1:2 (m/v)
(0)	25 % (v/v)	24 jam	1:3 (m/v)
(+1)	30 % (v/v)	36 jam	1:4 (m/v)

2.2 Karakterisasi Karbon Aktif

Analisa struktur morfologi karbon aktif kulit durian menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ZEISS/EVO MA10 di Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Lampung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Bilangan Iodin Karbon Aktif dari Kulit Durian

Pengujian bilangan iodin bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif yang dihasilkan dalam melakukan penyerapan terhadap zat warna. Bilangan iodin merupakan jumlah miligram iodin yang terserap oleh 1 gram karbon aktif dalam suatu larutan. Pengukuran daya serap iodin dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodometri menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N dan indikator yang digunakan adalah larutan amilum 1%. Larutan iodin berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh karbon aktif sebagai adsorbennya. Daya serap terhadap iodin tertinggi dalam penelitian ini sebesar 844,085 mg/g pada karbon aktif yang menggunakan konsentrasi aktivator 30% v/v, lama aktivasi 24 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v, hasil daya serap terhadap iodin karbon aktif dari kulit durian pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis daya serap iodin untuk karbon aktif dari kulit durian

Percobaan	Faktor			Bilangan iodin (mg/g)		
	X ₁	X ₂	X ₃	Eksperimen	Prediksi	Error (%)
1	20	12	1:3	463,295	363,734	127,4
2	30	12	1:3	241,167	436,719	55,2
3	20	36	1:3	479,161	564,442	84,9
4	30	36	1:3	818,699	637,427	128,4
5	20	24	1:2	580,705	481,937	120,5
6	30	24	1:2	533,106	554,922	96,1
7	20	24	1:4	621,957	735,004	84,6
8	30	24	1:4	844,085	807,989	104,5
9	25	12	1:2	291,939	363,337	80,3
10	25	36	1:2	558,492	564,045	99
11	25	12	1:4	783,793	616,404	127,2
12	25	36	1:3	726,674	817,112	88,9
13	25	24	1:3	615,611	621,957	99
14	25	24	1:3	539,453	621,957	86,7
15	25	24	1:3	710,808	621,957	114,3

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara konsentrasi, lama aktivasi dan perbandingan rasio karbon aktif dan aktivator. Bilangan iodin tertinggi terdapat pada karbon aktif dengan konsentrasi H_3PO_4 30% (v/v), semakin besar konsentrasi yang digunakan pada proses aktivasi maka daya serap yang dihasilkan karbon aktif juga akan meningkat. Secara umum, konsentrasi aktivator memiliki dampak yang lebih besar pada aktivator untuk mengikat senyawa pengotor keluar melalui pori-pori karbon aktif. Permukaan karbon aktif menjadi lebih luas, yang menghasilkan daya serap karbon aktif yang lebih besar [17], [18]. Perbandingan massa karbon yang diaktivasi dengan volume aktivator yang ditambahkan juga menghasilkan bilangan iodin yang

besar, dimana pada penelitian ini dengan perbandingan 1:4 m/v menghasilkan konsentrasi zat pengaktif yang lebih tinggi dan menunjukkan pembentukan tekstur pori yang stabil sehingga luas permukaan dan volume mikropori pada karbon aktif meningkat. Pada konsentrasi 30% v/v, lama aktivasi 12 jam, dan rasio antara karbon aktif dan aktivator 1:3 m/v menghasilkan bilangan iodin terendah yaitu 241,167 mg/g, dimana lama aktivasi yang terlalu rendah akan menyebabkan aktivator dengan karbon aktif tidak bereaksi secara optimal [19]. Semakin lama waktu aktivasi maka semakin banyak zat inert di permukaan partikel karbon terlepas dari permukaan sehingga pori-pori permukaan partikel karbon aktif semakin banyak yang menyebabkan luas permukaan semakin besar dan kemampuan daya serap karbon aktif tinggi dan akan menghasilkan bilangan iodin yang tinggi [20].

3.2 Model Regresi Box Behnken Design

Box Behnken Design (BBD) untuk *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan untuk mempelajari korelasi antara efek gabungan dari proses individu terhadap respon. Diantara linier, interaksi dua faktor, polinomial kuadrat dan kubik, model *full quadratic* disarankan menjadi paling cocok untuk proses ini oleh software statistika Minitab 19 karena menunjukkan nilai R^2 yang lebih tinggi. Persamaan regresi yang diperoleh yaitu:

$$Y = 1.111 - 23X_1 - 0,6 X_2 - 387 X_3 - 1,33X_1^2 - 0,612X_2^2 + 56,3X_3^2 + 2,3401X_1X_2 + 13,49X_1X_3 - 6,74X_2X_3 \dots\dots\dots(2)$$

Nilai prediksi dari respon ditentukan oleh Persamaan 2, dimana nilai 1.111 merupakan konstanta yang tidak bergantung pada variabel atau interaksi apapun dari variabel-variabel tersebut. X_1 adalah orde linier dari variabel bebas untuk konsentrasi aktivator H_3PO_4 , X_2 adalah orde linier dari variabel bebas untuk lama aktivasi, dan X_3 adalah orde linier dari rasio berat karbon aktif dengan aktivator. X_1^2 , X_2^2 , X_3^2 adalah orde kuadrat dari Variabel bebas untuk konsentrasi aktivator H_3PO_4 , lama aktivasi, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator. Sedangkan X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3 adalah interaksi antara variabel-variabel bebas.

Tabel 3. *Analysis Of Variance* (ANOVA) untuk bilangan iodin karbon aktif dari kulit durian

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F-value	P-value	
Model	9	389.571	43.286	4,76	0,050	Signifikan
X_1	1	10.654	10.654	1,17	0,328	
X_2	1	80.657	80.657	8,87	0,031	
X_3	1	128.085	128.085	14,1	0,013	
X_{12}	1	4.099	4.099	0,45	0,532	
X_2^2	1	28.631	28.631	3,15	0,136	
X_3^2	1	11.714	11.714	1,29	0,308	
X_1X_2	1	78.867	78.867	8,68	0,0302	
X_1X_3	1	18.188	18.188	2	0,216	
X_2X_3	1	26.191	26.191	2,88	0,150	
Lack-of-fit	1	30.679	30.679	1,39	0,445	Tidak signifikan
Pure error	1	14.742	14.742			
Total	14	434.992	434.992			

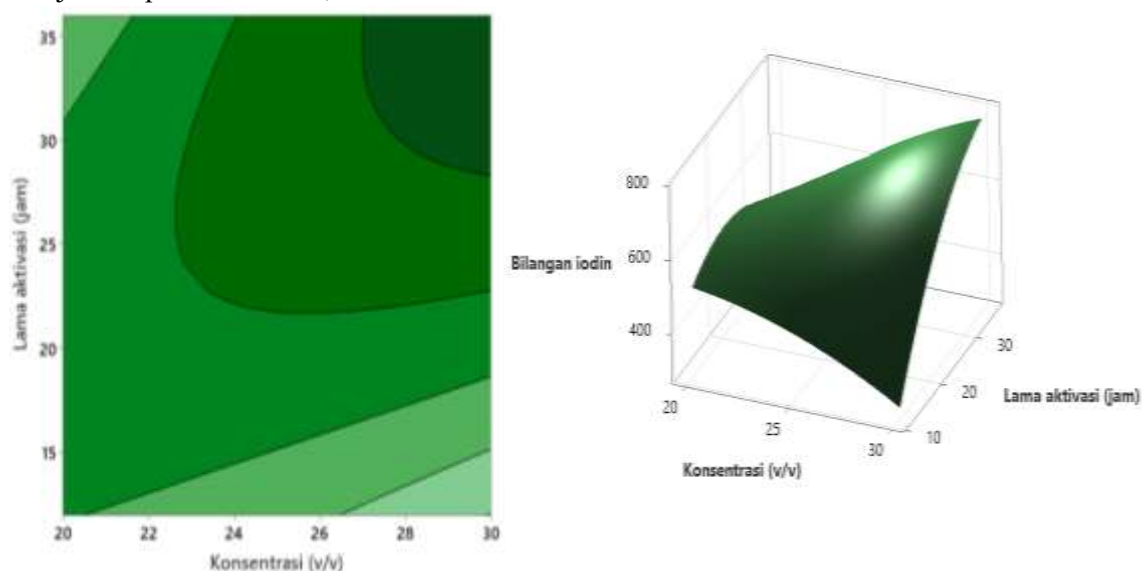
Dari hasil ANOVA pada Tabel 3 diperoleh nilai *P-Value* >0,05 yaitu 0,445 sehingga terdapat kesesuaian model. *Lack of-fit* mengidentifikasi bahwa model dapat mendeskripsikan data respon bilangan iodin sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang didapat cocok digunakan untuk memprediksi kondisi proses yang optimum [21].

Pada uji ANOVA juga didapatkan nilai R^2 yang menunjukkan nilai determinasi. Nilai determinasi digunakan untuk mempermudah penentuan besar kecilnya pengaruh variabel yang berarti pengaruh variabel

terhadap respon [22]. Pengaruh konsentrasi aktivator, lama aktivasi, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator terhadap respon bilangan iodin memiliki nilai R^2 sebesar 89,56%, sedangkan sisanya 10,44% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model, yaitu temperatur karbonisasi.

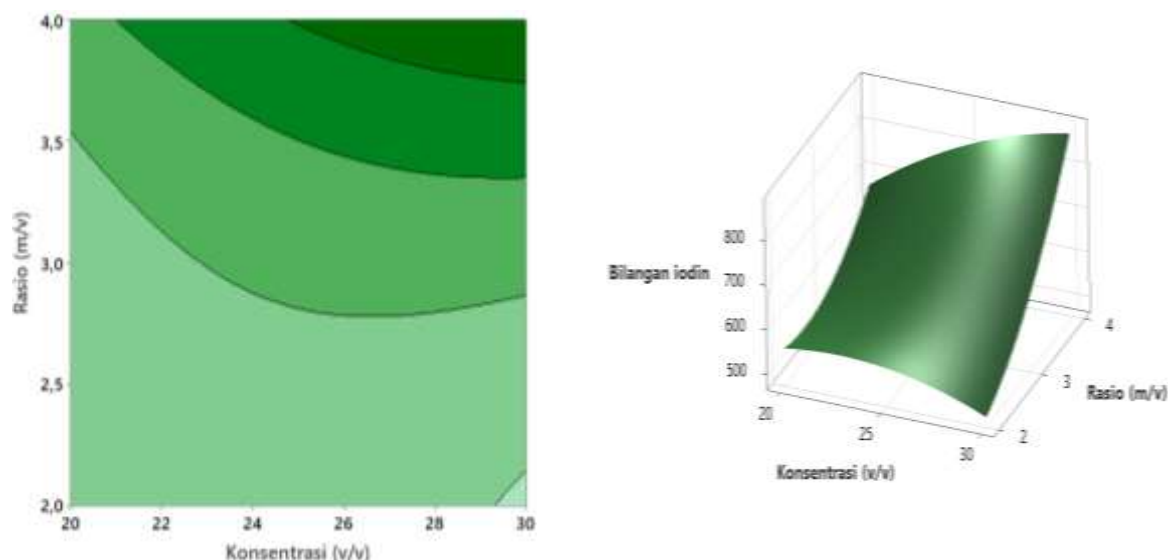
3.3 Proses Optimasi

Proses optimasi merupakan proses lanjutan setelah mendapatkan respon berupa bilangan iodin yang kemudian dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA), untuk menunjukkan model dari *respon surface* maka dapat ditampilkan plot kontur respon yang berupa bilangan iodin dengan tiga faktor yang mempengaruhi respon yaitu konsentrasi aktivator, lama aktivasi, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator. Hasil analisis dengan *software* statistika minitab 19 menghasilkan dua gambar berupa *contourplot* dan *surface plot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, 2 dan 3.



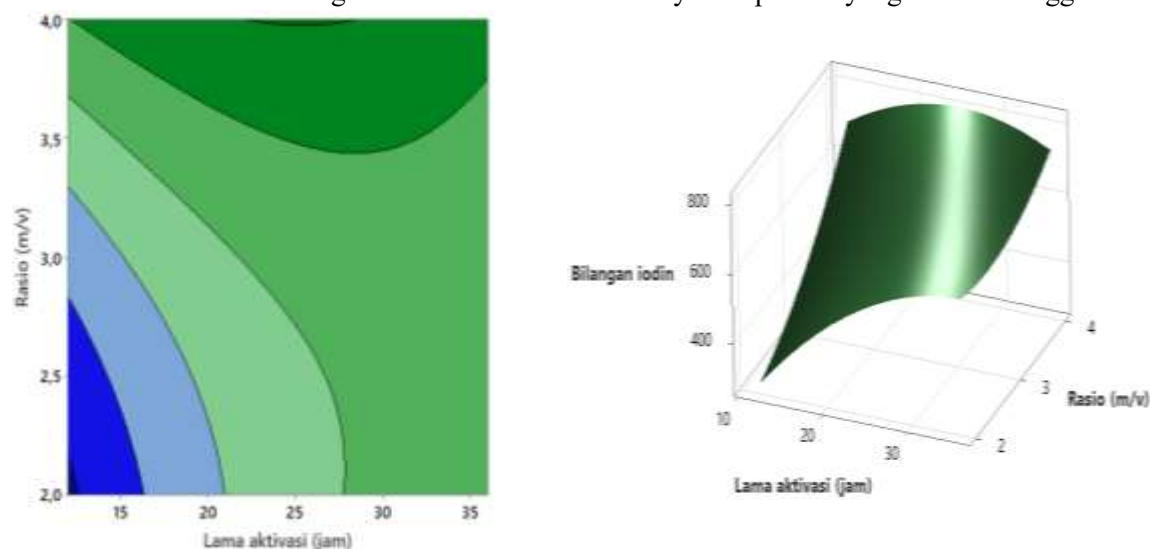
Gambar 1. *Contour* dan *Surface plot* respon permukaan untuk optimasi daya serap iodin terhadap konsentrasi aktivator dan lama aktivasi

Gambar 1 disajikan hubungan antara konsentrasi aktivator H_3PO_4 dan lama aktivasi, dimana rasio berat karbon aktif dengan aktivator diasumsikan konstan yaitu 1:3 m/v. *Contour plot* yang dihasilkan terdiri dari berbagai variasi warna yang masing-masing menunjukkan *range* besarnya respon yang dihasilkan [23]. Kondisi paling maksimal untuk plot diatas berada di warna hijau tua dengan nilai bilangan iodin diatas 650 mg/g, untuk mendapatkan nilai bilangan iodin tertinggi yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 27% v/v, lama aktivasi 31 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:3 m/v. sedangkan, untuk warna biru menunjukkan nilai bilangan iodin terendah yaitu sekitar <400 mg/g, untuk mendapatkan nilai bilangan iodin terendah yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 20 % v/v, lama aktivasi 12 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:3 m/v. *Range* warna inilah yang akan memberi garis besar petunjuk letak titik optimum variabel. Penentuan kondisi optimum dari faktor diatas dibuktikan dengan bentuk kurva tiga dimensi atau *surface plot* yang membentuk puncak optimum dimana dari grafik respon terlihat bahwa interaksi antara konsentrasi aktivator dan lama aktivasi memberikan respon yaitu semakin tinggi konsentrasi aktivator dan semakin lama aktivasi memberikan daya serap iodin yang semakin tinggi.



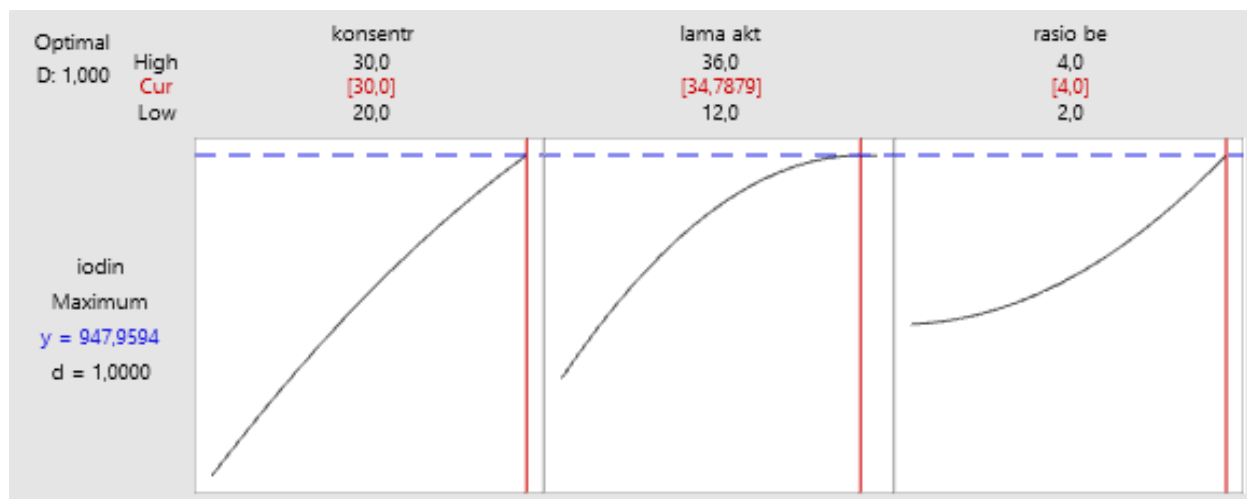
Gambar 2. *Contour dan Surface plot* respon permukaan untuk optimasi daya serap iodin terhadap lama aktivasi dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator

Gambar 2 merupakan hubungan antara lama aktivasi dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator. Maka konsentrasi diasumsikan konstan yaitu 25% v/v dimana *contour plot* dengan kondisi paling maksimal untuk plot diatas berada di warna hijau tua dengan nilai bilangan iodin diatas 800 mg/g. Nilai bilangan iodin tertinggi yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 25% v/v, lama aktivasi 12 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v. sedangkan, untuk hijau muda sedikit pudar menunjukkan nilai bilangan iodin terendah yaitu sekitar <400 mg/g, untuk mendapatkan nilai bilangan iodin terendah yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 25% v/v, lama aktivasi 31 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:2 m/v. Pada kondisi gambar 2 menunjukkan *contour plot* dalam tiga dimensi terlihat hasil optimasi yang dilakukan terhadap variabel lama aktivasi dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator dimana respon yang dihasilkan berbentuk pelana yang menunjukkan bahwa titik stasioner tidak dapat ditentukan dengan menggunakan model persamaan yang diperoleh. Dari grafik respon terlihat bahwa interaksi antara lama aktivasi dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator memberikan respon yaitu semakin lama aktivasi semakin banyak rasio berat karbon aktif dengan aktivator memberikan daya serap iodin yang semakin tinggi.



Gambar 3. *Contour dan Surface plot* respon untuk optimasi daya serap iodin terhadap konsentrasi aktivator dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator

Gambar 3 merupakan hubungan antara konsentrasi aktivator H_3PO_4 dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator. Maka lama aktivasi diasumsikan konstan yaitu 24 jam. Gambar 3 menunjukkan *contour plot* dengan kondisi paling maksimal untuk plot diatas berada di warna hijau tua dengan nilai bilangan iodin diatas 800 mg/g, untuk mendapatkan nilai bilangan iodin tertinggi yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 28% v/v, lama aktivasi 24 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:2 m/v. sedangkan, untuk warna biru menunjukkan nilai bilangan iodin terendah yaitu sekitar <500 mg/g, untuk mendapatkan nilai bilangan iodin terendah yaitu pada kondisi sekitar konsentrasi aktivator H_3PO_4 20 % v/v, lama aktivasi 24 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:3 m/v. Gambar 3 menunjukkan *contour plot* dalam tiga dimensi terlihat hasil optimasi yang dilakukan terhadap variabel konsentrasi aktivator H_3PO_4 dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator dimana respon yang dihasilkan berbentuk pelana yang menunjukkan bahwa titik stasioner tidak dapat ditentukan dengan menggunakan model persamaan yang diperoleh. Dari grafik respon terlihat bahwa interaksi antara lama konsentrasi aktivator H_3PO_4 dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator memberikan respon yaitu semakin tinggi konsentrasi aktivator H_3PO_4 dan semakin banyak rasio berat karbon aktif dengan aktivator memberikan daya serap iodin semakin tinggi [24].



Gambar 4. Grafik optimasi respon

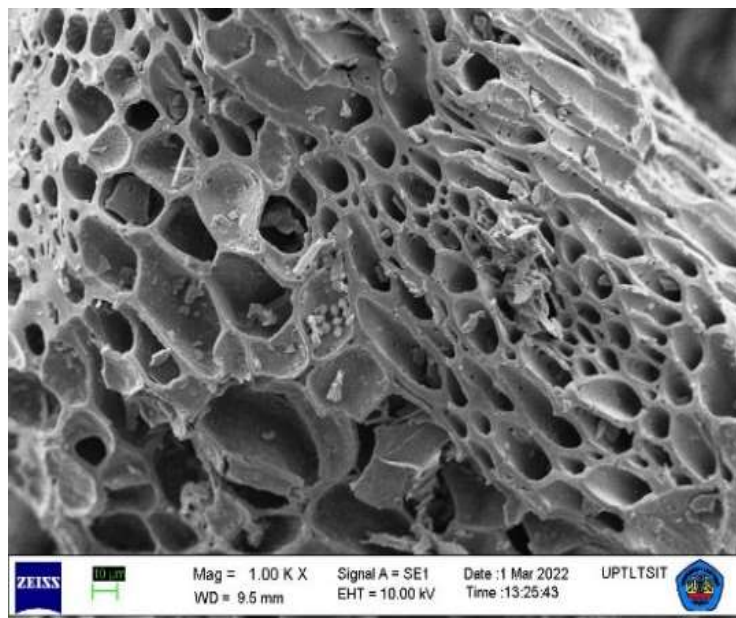
Pemilihan kondisi optimum dari respon yang diujikan dilakukan dengan menggunakan *optimization plot* yang ada pada *software* statistika. Dikarenakan masing-masing variabel akan menghasilkan respon yang berbeda, maka penentuan kondisi optimum ini merupakan hubungan dari respon terhadap variabel-variabel bebas. Berdasarkan Gambar 4 dihasilkan prediksi kondisi optimum proses dengan memilih hasil respon yang maksimal dari kombinasi 3 variabel dengan respon berupa bilangan iodin yang akan dicapai yaitu pada konsentrasi aktivator 30% v/v, lama aktivasi 34,8 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v akan menghasilkan respon bilangan iodin maksimal sebesar 947,959 mg/g dengan $d=1$. Nilai *desirability* (d) adalah metode umum yang digunakan untuk menilai permukaan respon optimasi. Nilai prediksi yang diperoleh dari respon ditransformasikan ke dalam skala [25]. Nilai *desirability* berkisar dari 0 sampai 1, semakin mendekati nilai 1 menunjukkan nilai respon yang sepenuhnya diinginkan [21]. Setelah didapatkan hasil prediksi, selanjutnya dilakukan pembuatan karbon aktif dengan kondisi optimum hasil prediksi yaitu konsentrasi aktivator 30% v/v, lama aktivasi 34,8 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v. Karbon aktif yang dihasilkan kemudian dianalisis bilangan iodin dimana bilangan iodin yang dihasilkan yaitu 790,139 mg/g, hasil eksperimen yang diperoleh sebesar 83% dari nilai prediksi. Hasil eksperimen dan hasil prediksi mengalami perbedaan tidak begitu jauh, hal tersebut dikarenakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif seperti sifat karbon aktif (bahan baku) dan sifat komponen yang diserap. Walaupun

hasil penelitian berbeda dengan hasil prediksi menggunakan RSM, hasil penelitian sudah memenuhi kualitas karbon aktif berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 yaitu 750 mg/g [26].

Hasil penelitian dan analisis menggunakan metode permukaan dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi aktivator, lama aktivasi, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator berpengaruh terhadap daya serap iodin meskipun tidak begitu signifikan.

3.4 Analisis Permukaan Karbon Aktif Kulit Durian Menggunakan SEM

Struktur morfologi karbon aktif kulit durian pada konsentrasi 30% v/v lama aktivasi 34,8 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v dengan hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ZEISS/EVO MA10 menggunakan perbesaran 1.000 kali dengan tegangan 10.00 kV dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Karbon Aktif Dengan Perbesaran 1.000 kali

Permukaan sampel karbon aktif dari kulit durian berpori berbentuk rongga dan jumlah pori yang terbentuk cukup banyak walaupun masih terdapat pengotor yang menutupi pori-pori karbon aktif tersebut. Luas permukaan yang diperoleh yaitu 24.070.838,747 nm² atau setara dengan $2,407 \times 10^{-11}$ m². Sedangkan, untuk diameter yang diperoleh sebesar 4.878,282 nm atau setara dengan 4,87 μ m. Pada penelitian sebelumnya yang sama menggunakan larutan H₃PO₄ sebagai aktivator dengan konsentrasi 10% v/v dan lama aktivasi selama 90 menit dihasilkan diameter pori sebesar 8,041 μ m dan luas permukaan $5,078 \times 10^{-10}$ m² [27]. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu aktivasi akan membentuk ukuran pori yang lebih baik karena selama proses aktivasi pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka terhadap gas pengaktif yang dapat mendorong residu-residu hidrokarbon yang baru dan mengembangkan mikropori awal menjadi makropori [2]. Larutan H₃PO₄ sebagai aktivator asam akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon dan mengikat air untuk melarutkan zat organik atau non organik sehingga menghasilkan pori-pori yang lebih bersih dan terbuka [11].

4. KESIMPULAN

Karbon aktif dari kulit durian telah berhasil dibuat dengan perlakuan aktivator H₃PO₄ menggunakan metode RSM. Dari hasil analisis menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) didapatkan kondisi optimum yaitu konsentrasi aktivator 30% v/v, lama aktivasi 34,8 jam, dan rasio berat karbon aktif dengan aktivator 1:4 m/v, dan diperoleh daya serap iodin 790,139 mg/g. Karbon aktif dari kulit durian dengan kondisi optimum

diperoleh nilai luas permukaan sebesar $2,407 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ dan diameter karbon aktif sebesar $4,878 \text{ }\mu\text{m}$ menggunakan uji analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Sumatera yang telah membantu fasilitas laboratorium selama penelitian dilaksanakan pada tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Senthilkumar, S. K. Chattopadhyay, and L. R. Miranda, "Optimization of Activated Carbon Preparation from Pomegranate Peel (*Punica granatum* Peel) Using RSM," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 204, no. 2, pp. 238–248, 2017, doi: 10.1080/00986445.2016.1262358.
- [2] S. Adunphatcharaphon, A. Petchkongkaew, D. Greco, V. D'Ascanio, W. Visessanguan, and G. Avantiaggiato, "The effectiveness of durian peel as a multi-mycotoxin adsorbent," *Toxins (Basel)*, vol. 12, no. 2, 2020, doi: 10.3390/toxins12020108.
- [3] B. Y. Andiani, C. A. Riyanto, and Y. Martono, "Characterization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Peel Activated Carbon based on Impregnation Ratio and Activation Temperature," *Stannum J. Sains dan Terap. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, 2022, doi: 10.33019/jstk.v4i1.2533.
- [4] M. Rohmah, Putri and R. Redjeki, Sri, "Pengaruh Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi Dengan Aktivator Koh," *J. Konversi*, vol. 3, no. 1, pp. 19–27, 2014, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konversi/article/view/1098>
- [5] N. Fathia and S. Kartohardjono, "Effects of trans-membrane-pressure on tofu industry wastewater treatment through ultrafiltration and reverse osmosis processes," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2230, 2020, doi: 10.1063/5.0003026.
- [6] N. S, S. . Nanang, and V. Ricky, "Komposisi Efektif Batok Kelapa sebagai Karbon Aktif untuk Meningkatkan Kualitas Airtanah di Kawasan Perkotaan," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. Vol 24, no. 1, pp. 87–95, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/18865>
- [7] T. B. Simaremare, A. Halim, D. F. Nury, and D. Supriyadi, "Penurunan Konsentrasi Cod Limbah Industri Tahu Menggunakan Adsorben Kulit Durian," *Semin. Nas. Tek. Kim. Soebardjo Brotohardjono*, 2022.
- [8] X. He, X. Chen, X. Wang, and L. Jiang, "Optimization of activated carbon production from corn cob using response surface methodology," *Front. Environ. Sci.*, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1105408.
- [9] K. Pertanian, "Statistik Pertanian," *Kementerian. Pertan.*, p. 358, 2014, [Online]. Available: https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/BUKU_STATISTIK_PERTANIAN_2021.pdf
- [10] A. M. Sari, A. W. Pandit, and S. Abdullah, "Pengaruh variasi massa karbon aktif dari limbah kulit durian (*Durio Zibethinus*) sebagai adsorben dalam menurunkan bilangan peroksida dan bilangan asam pada minyak goreng bekas," *J. Konversi*, vol. 10, no. 1, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konversi/article/view/10238>
- [11] S. Das and S. Mishra, "Box-Behnken statistical design to optimize preparation of activated carbon from *Limonia acidissima* shell with desirability approach," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 588–600, 2017, doi: 10.1016/j.jece.2016.12.034.
- [12] D. Farina Nury, M. Z. Luthfi, D. Deviany, F. Achmad, J. Ronggur, and H. Panjaitan, "Pengaruh Massa

- Karbon Aktif dan Konsentrasi Adsorbat dalam Penyerapan Zat Warna Metilen Blue,” vol. 04, no. 02, pp. 2745–7206, 2023, [Online]. Available: <http://iontech.ista.ac.id/index.php/iontech>
- [13] K. Malini, D. Selvakumar, and N. S. Kumar, “Activated carbon from biomass: Preparation, factors improving basicity and surface properties for enhanced CO₂ capture capacity - A review,” *J. CO₂ Util.*, vol. 67, 2023, doi: 10.1016/j.jcou.2022.102318.
- [14] Z. Khoshraftar, H. Masoumi, and A. Ghaemi, “Experimental, response surface methodology (RSM) and mass transfer modeling of heavy metals elimination using dolomite powder as an economical adsorbent,” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 7, 2023, doi: 10.1016/j.cscee.2023.100329.
- [15] M. Alhajabdalla, H. Mahmoud, M. S. Nasser, I. A. Hussein, R. Ahmed, and H. Karami, “Application of Response Surface Methodology and Box-Behnken Design for the Optimization of the Stability of Fibrous Dispersion Used in Drilling and Completion Operations,” *ACS Omega*, vol. 6, no. 4, pp. 2513–2525, 2021, doi: 10.1021/acsomega.0c04272.
- [16] L. L. A. Melo *et al.*, “Caffeine removal using *Elaeis guineensis* activated carbon: adsorption and RSM studies,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 21, pp. 27048–27060, 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09053-z.
- [17] A. H. Jawad, N. N. A. Malek, T. Khadiran, Z. A. AlOthman, and Z. M. Yaseen, “Mesoporous high-surface-area activated carbon from biomass waste via microwave-assisted-H₃PO₄ activation for methylene blue dye adsorption: An optimized process,” *Diam. Relat. Mater.*, vol. 128, 2022, doi: 10.1016/j.diamond.2022.109288.
- [18] Z. Yang, R. Gleisner, D. H. Mann, J. Xu, J. Jiang, and J. Y. Zhu, “Lignin based activated carbon using h₃po₄ activation,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 12, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/polym12122829.
- [19] Ferdinand Polii Fahri, “Pengaruh Suhu Dan Lama Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa,” *Balai Ris. dan Stand. Ind. Manad.*, pp. 21–28, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/449479-pengaruh-suhu-dan-lama-aktivasi-terhadap-8bb6381d.pdf>
- [20] Z. Darajat, M. Septiani, and Fitria, “Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Karakterisasi Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Menggunakan Aktivator H₂SO₄,” *J. JAGO*, vol. 3, no. 1, pp. 8–15, 2023.
- [21] D. F. Nury, M. Z. Luthfi, and M. P. Ramadhan, “Optimization of the drying process of edible film-based cassava starch using response surface methodology,” *BIO Web Conf.*, vol. 77, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237701005.
- [22] N. K. Sari, A. H. Regita, D. W. D. Putra, D. Ernawati, and W. Wurjani, “Optimizing Edible Film from Corn Cobs with Surface Response Method,” *E3S Web Conf.*, vol. 328, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202132808009.
- [23] J. Fajrin, H. Hariyadi, and N. Marchelina, “Aplikasi Metode Eksperimen Response Surface Untuk Mengoptimalkan Kuat Tekan Bata Non Bakar,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 13, no. 2, p. 79, 2017, doi: 10.25077/jrs.13.2.79-90.2017.
- [24] R. Dwityaningsih, T. E. P. S. Rahayu, M. Handayani, and M. Nurhilal, “Pengaruh Variasi Konsentrasi H₃PO₄ Sebagai Zat Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Sekam Padi,” *Infotekmesin*, vol. 14, no. 1, pp. 98–104, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1641.
- [25] M. H. Pulungan, R. A. D. Kapita, and I. A. Dewi, “Optimisation on the production of biodegradable plastic from starch and cassava peel flour using response surface methodology,” *IOP Conf. Ser. Earth*

Environ. Sci., vol. 475, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/475/1/012019.

- [26] V. (Verayana) Verayana, M. (Mardjan) Paputungan, and H. (Hendri) Iyabu, "Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)," *Jambura J. Educ. Chem.*, vol. 13, no. 1, pp. 67–75, 2018, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/277418/>
- [27] T. Tedja, E. Riani, and dan Sri Sugiarti, "Pengaruh Aktivasi Fisika Dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro Terhadap Daya Serap Logam Berat Krom," *Biopropal Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 35-45., 2016, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/58103/pengaruh-aktivasi-fisika-dan-kimia-arang-aktif-buah-bintaro-terhadap-daya-serap>