

## Prediksi Kadar pH Air Dengan *Response Surface Methodologi* (RSM) Menggunakan Cangkang Kacang Sacha Inchi Sebagai Aktivasi

Abde Fattahwa\*, Ilham Ary Wahyudie, Yang Fitri Arriyani

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Kawasan Industri Airkantung, Sungailiat, Bangka, Bangka Belitung, Indonesia

\*[ilham@polman-babel.ac.id](mailto:ilham@polman-babel.ac.id)

Revisi 2 November 2023; Diterima 13 November 2023; publikasi Online 20 Desember 2023

**Abstrak.** Tanaman Sacha Inchi memiliki manfaat yang banyak antara lain bijinya dapat diolah menjadi cemilan dengan digoreng atau sangrai, produk kesehatan, kecantikan, dan suplemen. Daunnya dijadikan minuman seduh seperti teh dan cangkangnya dapat dijadikan pakan ternak. Pemanfaatan limbah cangkang kacang Sacha Inchi menjadi penting sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan memanfaatkan sumber daya yang ada. Limbah cangkang kacang Sacha Inchi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam produksi bahan kimia, pupuk atau biogas. Selain itu, limbah cangkang kacang Sacha Inchi juga dapat diolah menjadi arang aktif yang dapat digunakan dalam aplikasi industri, seperti pengolahan air dan gas. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* (RSM). Pengambilan data dilakukan dengan pH meter pada sumber air di kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dengan jumlah 13 sampel yang memiliki variasi suhu 400° - 500° dan waktu 30 - 60 menit menggunakan mesh 200. Bahan aktivasi yang digunakan adalah cangkang Kacang Sacha Inchi. Berdasar pada pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur dan waktu tidak memberikan pengaruh terhadap derajat keasaman (pH). Untuk persamaan regresi prediksi nilai pH didapatkan dengan hasil  $Y = 7,68 + 0,02X_1 + 0,02X_2 + 0,06X_1^2 + 0,01X_2^2$ . Nilai optimum untuk proses aktivasi cangkang kacang berada pada temperatur 443°C selama 32 menit. Prediksi nilai pH pada stationary point adalah 7,67. Berdasarkan bentuk kanonikal response surface berbentuk cekung dan stationary point terletak pada titik minimum.

**Kata kunci :** Limbah cangkang kacang Sacha Inchi, arang aktif, pH air, temperatur, dan waktu.

### 1. Pendahuluan

Jumlah populasi manusia di bumi ini semakin meningkat dan kebutuhan air bersih juga ikut meningkat sehingga masalah akses air bersih sering dijumpai di berbagai kota besar di dunia. Selain tingkat konsumsi menjadi masalah kekurangan air bersih, masalah kepadatan penduduk juga berdampak kepada pencemaran air akibat perbuatan manusia sendiri [1]. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah, bisa dijumpai dan didapatkan dimana-mana. Air juga menjadi salah satu sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan bagi setiap makhluk hidup. Bagi manusia air tidak hanya diperlukan dalam kehidupan sehari-hari seperti makan dan minum tetapi juga digunakan diberbagai bidang seperti transportasi, pembangkit listrik, pertanian, peternakan dan masih banyak lagi manfaat dari air [2]. Air dapat digunakan untuk kegiatan seperti menyikat gigi, mencuci pakaian, mandi dan kebutuhan lainnya. Selain itu air juga digunakan untuk kebersihan dan sanitasi pribadi sebagai sumber air minum [3].

Pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 berisi standar kualitas air. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 32 Tahun 2017, menekankan konsentrasi 1mg/l. Standar baku mutu lingkungan kesehatan yang berkualitas untuk faktor fisik, biologi, dan kimia, baik yang diwajibkan maupun yang diinginkan adalah komponen media air yang digunakan untuk tujuan higienis. Parameter yang "wajib" harus diperiksa pada interval yang telah ditentukan untuk memastikan sesuai dengan persyaratan hukum. Sedangkan kriteria lainnya jika kondisi *geohidrologis* yang menunjukkan adanya kemungkinan pencemaran [3]. Kadar pH air sesuai dengan persyaratan kualitas air minum adalah antara 6,5 – 8,5 [4]. Kadar pH air dapat dikendalikan dengan menggunakan arang aktif yang berasal dari bahan baku seperti limbah cangkang kacang sawit [5], serbuk kayu, tempurung kelapa, cangkang buah karet, dan cangkang kacang sacha inchi.

Tanaman Sacha Inchi memiliki nama ilmiah yaitu *Plukenetia volubilis L.* Tanaman ini termasuk kelompok spesies *Tracheophyta*, kelas *Magnoliopsida*, ordo *Malpighiales*, familia *Euphorbiaceae*, dan

*genus Plukenetia L.* Tanaman Sacha Inchi ditemukan di Peru dan kemudian diberdayakan oleh penduduk Peru selama berabad-abad. Nama unik dari kacang ini disebut dengan kacang Inca, kacang liar atau kacang sachu yang termasuk dalam familia *Euphorbiaceae*. Tanaman ini tumbuh subur di hutan dan buahnya berbentuk bintang [6]. Tanaman ini memiliki manfaat yang banyak seperti bijinya dapat diolah menjadi cemilan dengan digoreng atau sangrai, produk kesehatan, kecantikan, dan suplemen. Daunnya dijadikan minuman seduh seperti teh dan cangkangnya dapat dijadikan pakan ternak. Pemanfaatan limbah cangkang kacang Sacha Inchi menjadi penting sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan memanfaatkan sumber daya yang ada. Limbah cangkang kacang Sacha Inchi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam produksi bahan kimia, pupuk atau biogas. Selain itu, limbah cangkang kacang Sacha Inchi juga dapat diolah menjadi arang aktif yang dapat digunakan dalam aplikasi industri, seperti pengolahan air dan gas.

Penelitian ini menggunakan bahan berupa cangkang kacang Sacha Inchi yang diolah menjadi arang aktif. Pemanfaatan arang aktif dari bahan cangkang kacang Sacha Inchi digunakan sebagai media penetral pH air. Arang aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibanding adsorben lainnya. Kelebihan yang dimiliki oleh arang aktif ini salah satunya adalah biaya yang dikeluarkan lebih hemat sebagai bahan dasar yang digunakan untuk proses pembuatan arang aktif serta memiliki kandungan material organik yang tinggi [7]. Sumber air yang diuji kadar pH-nya berada di kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan persamaan regresi untuk memprediksi nilai pH akibat perlakuan dalam proses pemanasan cangkang kacang Sacha Inchi. Selain itu juga mengetahui nilai optimal proses pemanasan tersebut menggunakan metode *response surface*.

## 2. Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* (RSM), studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data berupa teori, gambar dan tabel dari buku, jurnal, survei dan berbagai sumber online yang terpercaya dengan topik penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pengambilan data dilakukan dengan pH meter pada 13 sampel yang memiliki variasi suhu 400°C - 500°C dan waktu 30 - 60 menit menggunakan *mesh* 200.

### 2.1 Pembuatan Sampel

Bahan yang digunakan adalah cangkang kacang Sacha Inchi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Pengolahan cangkang kacang Sacha Inchi dimulai dengan pemisahan cangkang kacang dari daging buah. Selanjutnya cangkang diproses dengan cara sebagai berikut.

Proses pembuatan sampel dari cangkang kacang:

1. Cangkang kacang kemudian dimasukkan ke dalam *furnace heat treatment* untuk diaktivasi dengan variasi suhu awal 100° dan waktu 10 menit bertujuan untuk mengeringkan cangkang biji kacang.
2. Selanjutnya dengan variasi suhu 400°-500° dengan variasi waktu 30 menit-60 menit.
3. Setelah dilakukan aktivasi kemudian cangkang tersebut didinginkan di ruangan terbuka.
4. Sampai pada proses pendinginan telah selesai, dilakukan penghalusan dengan menggunakan cobek/ulek.
5. Selesai proses penghalusan, *powder* di masukkan ke dalam wadah plastik sampel berjumlah 13 sampel.
6. Langkah selanjutnya adalah mengayak *powder* dengan menggunakan *mesh* 200.
7. Berikutnya masukan *powder* ke dalam wadah cangkir yang dicampurkan air sebanyak 250 ml.
8. Kemudian aduk air yang bercampur *powder* didalam cangkir hingga larut. Tunggu hingga 2 jam
9. Setelah 2 jam, lanjut dengan mengecek sampel menggunakan pH meter dengan masing-masing sampel selama 3 menit.



Gambar 1. Cangkang Kacang Sacha Inchi

### 2.2 Rancangan Percobaan

Pada percobaan ini rancangan eksperimen berdasar pada metode *Response Surface*. Rancangan CCD yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

Tanpa Kode		Kode	
Temperatur	Time	Temperatur	Time
400	30	-1	-1
500	30	1	-1
400	60	-1	1
500	60	1	1
379	45	-1,41	0
521	45	1,41	0
450	24	0	-1,41
450	66	0	1,41
450	45	0	0
450	45	0	0
450	45	0	0
450	45	0	0
450	45	0	0
450	45	0	0

### 2.3 Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini data tingkat keasaman air diuji menggunakan pH meter yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. pH Meter

Derajat keasaman air di ukur sebelum pemberian *powder* hasil aktivasi dan setelah pemberian *powder*. Derajat keasaman (pH) air sebelum dicampur dengan *powder* sebesar 5,6 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Derajat Keasaman (Ph) Air Sebelum Dicampur Dengan *Powder*

**2.3 Analisis Model**

Untuk menganalisis data hasil pengujian menggunakan pendekatan regresi [6][7]. Formula yang digunakan ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\beta = \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{22} \\ \hat{\beta}_{12} \end{pmatrix} = ((X'X)^{-1})(X'y) \dots\dots\dots (1)$$

**2.4 Analisis Lokasi Nilai Optimal**

Untuk menentukan nilai optimal dari kombinasi faktor-faktor digunakan persamaan *stationary point* ( $X_0$ ) dengan menghitung nilai matrik  $B$  dan matrik  $b$ . Persamaan *stationary point* ( $X_0$ ) tersebut adalah:

$$X_0 = -\frac{1}{2}B^{-1}b \dots\dots\dots (2)$$

Nilai  $B$  dan  $b$  ditentukan dengan matrik:

$$B = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11} & \frac{1}{2}(\hat{\beta}_{12}) \\ \frac{1}{2}(\hat{\beta}_{12}) & \hat{\beta}_{22} \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \end{bmatrix}$$

Penentuan nilai optimal dari faktor temperatur ( $X_1$ ) menggunakan formula:

$$x_1 = \frac{\text{Temperatur}-\text{Center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum}-\text{minimum})} \dots\dots\dots (3)$$

Sedangkan untuk nilai optimal faktor waktu ( $X_2$ ) persamaan yang digunakan adalah:

$$x_2 = \frac{\text{□□□□}-\text{Center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum}-\text{minimum})} \dots\dots\dots (4)$$

**2.5 Analisis Prediksi Nilai Respon**

Prediksi nilai respon pH pada *stationary point* dapat ditentukan menggunakan persamaan (5).

$$\hat{\square}_0 = \hat{\square}_0 + \frac{1}{2}\square'_0 \dots\dots\dots (5)$$

**2.6 Analisis Kanonikal**

Pada analisis nilai *stationary point* perlu pula dilakukan penentuan bentuk *surface* dari persamaan *second order*. *Surface* tersebut dapat berbentuk cembung, cekung atau *saddle point*. Untuk menguji bentuk *surface* perlu dilakukan analisis kanonikal. Persamaan yang dapat digunakan dalam analisis kanonikal adalah:

$$\hat{y} = \hat{y}_0 + \lambda_1\omega_1^2 + \lambda_2\omega_2^2 \dots\dots\dots (6)$$

Jika semua  $\lambda_i$  bertanda positif, maka *stationary point* ( $X_0$ ) memiliki *surface* cekung (respon minimum). Sedangkan jika semua  $\lambda_i$  bertanda negatif, *stationary point* ( $X_0$ ) *surface* berbentuk cembung (respon maksimum), namun jika  $\lambda_i$  berbeda tanda, maka *surface* berbentuk *saddle point*.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Pengukuran Data pH Air**

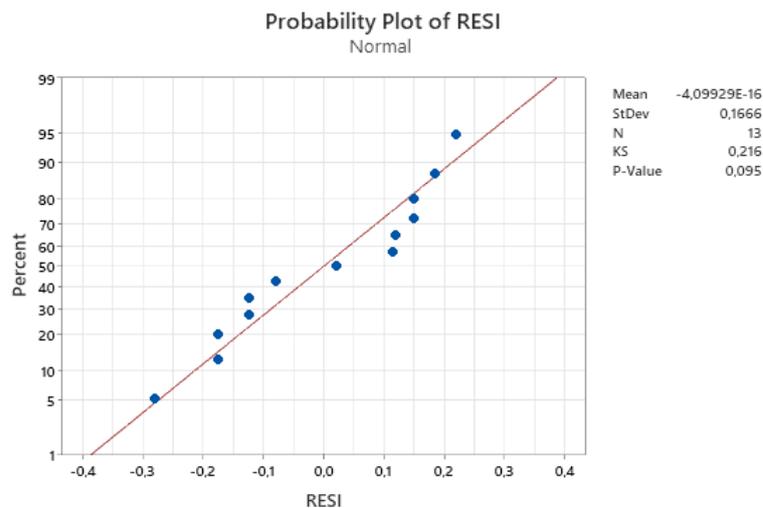
Berdasar pada pengukuran derajat keasaman (pH) didapatkan nilai-nilai hasil percobaan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Sesuai dengan data pH pada tabel tersebut, rata-rata pH sebesar 7,7.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Data pH

Tanpa Kode		Kode		pH
Temperatur	Time	Temperatur	Time	
400	30	-1	-1	7,9
500	30	1	-1	7,9
400	60	-1	1	7,9
500	60	1	1	7,9
379	45	-1,41	0	7,6
521	45	1,41	0	7,7
450	24	0	-1,41	7,5
450	66	0	1,41	7,6
450	45	0	0	7,9
450	45	0	0	7,8
450	45	0	0	7,7
450	45	0	0	7,6
450	45	0	0	7,4

3.2 Uji Normalitas

Hasil uji normalitas ditampilkan pada gambar 4. di bawah ini. Berdasarkan nilai *Test Kolmogorov-Smirnov* ( $KS > 5\%$ ) menunjukkan tingkat kenormalan data. Dengan demikian data respon pH mengikuti distribusi normal.



Gambar 4. Grafik *Normality Test Kolmogorov-Smirnov*

3.3 Uji Analisis Varian (Anova)

Validasi analisis data varian (anova) didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak minitab versi 21.3 (*minitab license*). Ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Analisis Varian (Anova)

Source	DF	SS	MS	F-value	F-tabel
Model	5	0,0301	0,0060	0,13	
Temperatur	1	0,0025	0,0025	0,05	5,59
Time	1	0,0025	0,0025	0,05	5,59
Temperatur*Temperatur	1	0,0250	0,0250	0,53	5,59

Time*Time	1	0,0001	0,0001	0,01	5,59
2-Way Interaction	1	0,0000	0,0000	0,00	5,59
Temperatur*Time	1	0,0000	0,0000	0,00	5,59
Error	7	0,3330	0,0476		
Lack-Of-Fit	3	0,1850	0,0617	1,67	4,35
Total	12	0,3631			

Hipotesis untuk pengaruh yang diberikan yaitu sebagai berikut :

- $H_0$  : Temperatur tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai pH.
- $H_1$  : Temperatur berpengaruh terhadap perubahan nilai pH.
- $H_0$  : Waktu pemanasan tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai pH.
- $H_1$  : Waktu pemanasan berpengaruh terhadap perubahan nilai pH.
- $H_0$  : Model cocok (tidak ada *lack of fit*)
- $H_1$  : Model tidak cocok (ada *lack of fit*)
- Keputusan menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) jika  $F_{value} > F_{tabel}$ .
- Keputusan gagal menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) jika  $F_{value} < F_{tabel}$ .
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5% atau 0,05.

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa  $F_{value}$  temperatur  $< F_{tabel}$  dan  $F_{value}$  waktu  $< F_{tabel}$ . Untuk  $F_{value}$  temperatur sebesar 0,05 dan  $F_{value}$  waktu sebesar 0,05 dengan  $F_{tabel}$  sebesar 5,59 sehingga menunjukkan bahwa keputusannya gagal menolak  $H_0$ . Artinya temperatur dan waktu tidak memberikan pengaruh terhadap pH. Sedangkan untuk analisis *lack of fit*, data menunjukkan bahwa  $F_{value}$  *lack of fit*  $< F_{tabel}$ .  $F_{value}$  *lack of fit* persamaan *second order* dalam *coded* adalah 1,67 dengan nilai  $F_{tabel}$  adalah 4,35 sehingga menunjukkan bahwa keputusannya gagal menolak  $H_0$  yang berarti model tersebut cocok dengan keadaan sesungguhnya (tidak ada *lack of fit*).

### 3.4 Analisis Second-Order Model

Berdasar pada Tabel 1. Rancangan Percobaan, diperoleh nilai matrik X dan Y adalah:

Matrik X	Matrik Y (pH)
$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1,41 & 0 & 1,99 & 0 & 0 \\ 1 & 1,41 & 0 & 1,99 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1,41 & 0 & 1,99 & 0 \\ 1 & 0 & 1,41 & 0 & 1,99 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 7,9 \\ 7,9 \\ 7,9 \\ 7,9 \\ 7,6 \\ 7,7 \\ 7,5 \\ 7,6 \\ 7,9 \\ 7,8 \\ 7,7 \\ 7,6 \\ 7,4 \end{bmatrix}$

Hasil pendekatan regresi menggunakan formula 1 didapatkan nilai koefisien adalah:

$$\beta = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{22} \\ \hat{\beta}_{12} \end{bmatrix} = ((X'X)^{-1})(X'y) = \begin{bmatrix} 7,68 \\ 0,02 \\ 0,02 \\ 0,06 \\ 0,01 \\ 0,00 \end{bmatrix}$$

Dengan demikian persamaan regresi prediksi nilai pH yang didapatkan adalah:

$$Y = 7,68 + 0,02X_1 + 0,02X_2 + 0,06X_1^2 + 0,01X_2^2$$

Dengan :

Y = Prediksi Nilai pH

X<sub>1</sub> = Nilai Temperatur

X<sub>2</sub> = Nilai Waktu

### 3.5 Penentuan Nilai Optimal

Nilai *stationary point* (X<sub>0</sub>) dihitung menggunakan persamaan 2. Variabel *B* dan *b* berbentuk matrik. Hasil perhitungan X<sub>0</sub> dalam bentuk *coded* adalah:

$$X_0 = \begin{bmatrix} -0,146 \\ -0,846 \end{bmatrix}$$

Secara berturut-turut nilai optimum temperatur (X<sub>1</sub>) dan waktu (X<sub>2</sub>) ditentukan menggunakan persamaan (3) dan (4) yang hasilnya adalah:

$$-0,146 = \frac{\text{Temperatur}-450}{50}$$

$$-0,846 = \frac{\text{Waktu}-45}{15}$$

Sehingga nilai optimum temperatur berada pada 443°C dan nilai optimum waktu sebesar 32 menit.

### 3.6 Prediksi Nilai Respon

Nilai respon pH pada *stationary point* diprediksi menggunakan persamaan (5). Prediksi nilai respon pada *stationary point* adalah:

$$\hat{y}_0 = 7,679 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -0,146 \\ -0,846 \end{bmatrix}' \begin{bmatrix} 0,0177 \\ 0,0177 \end{bmatrix}, \text{ Sehingga nilai } \hat{y}_0 = 7,67.$$

### 3.7 Analisis Kanonikal

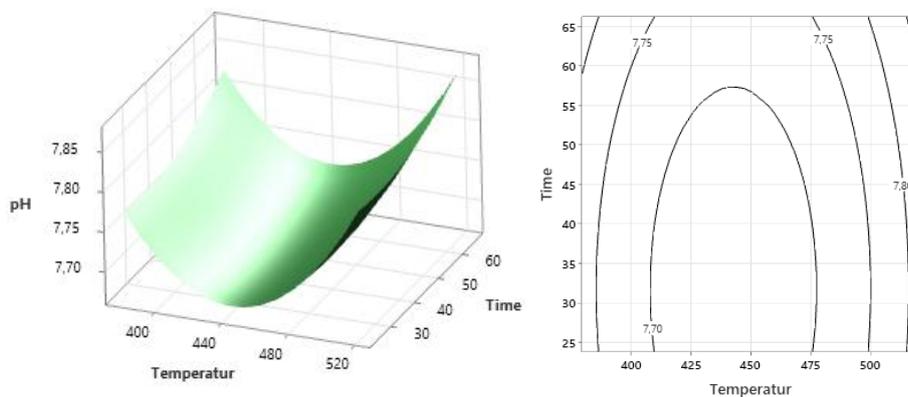
Bentuk *surface* dari persamaan *second order* ditentukan oleh persamaan (6). Sehingga bentuk kanonikal adalah:

$$\hat{y} = \hat{y}_0 + 0,06\omega_1^2 + 0,01\omega_2^2$$

Berdasarkan bentuk kanonikal di atas, didapatkan nilai λ<sub>i</sub> positif. Artinya bentuk *surface second order* adalah cekung dan *stationary point* terletak pada titik minimum.

### 3.8 Grafik Surface dan Contour

Grafik *surface* dan *contour* ditunjukkan pada gambar 5. Berdasarkan grafik *contour* pada gambar dibawah ini dijelaskan bahwa nilai optimal pH untuk variabel temperatur berada diantara 410°C - 475°C dan variabel waktu berada diantara 25 - 55 menit. Grafik *surface* menunjukkan bentuk cekung atau nilai optimal berada pada titik minimum. Berdasarkan grafik *surface* ditunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dari titik 440°C dan semakin rendah temperatur dari titik 440°C nilai pH semakin turun.



Gambar 5. Grafik *Surface* dan *Contour* Ph Terhadap Temperatur dan Waktu.

#### 4. Kesimpulan

Berdasar pada pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur dan waktu tidak memberikan pengaruh terhadap derajat keasaman (pH). Untuk persamaan regresi prediksi nilai pH didapatkan dengan hasil  $Y = 7,68 + 0,02X_1 + 0,02X_2 + 0,06X_1^2 + 0,01X_2^2$ . Nilai optimum untuk proses aktivasi cangkang kacang berada pada temperatur 443°C selama 32 menit. Prediksi nilai pH pada *stationary point* adalah 7,67. Berdasarkan bentuk kanonikal *response surface* berbentuk cekung dan *stationary point* terletak pada titik minimum.

#### Daftar Pustaka

- [1] I Nyoman Candra, Sugiono, and H. Amir, "Pembuatan Membran Dari Ampas Tebu dan Aplikasinya Untuk Menyaring Air Tanah dan Air Gambut," *Alotrop*, vol. 6, no. 2, pp. 118–122, 2022, doi: 10.33369/alo.v6i2.24324.
- [2] M. R. Amir *et al.*, "Penilaian kualitas air tanah pada akuifer tidak tertekan untuk keperluan air minum di wilayah utara Cekungan Air Tanah Jakarta," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 1, no. 1, pp. 2071–2079, 2019, [Online].
- [3] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–20, 2017.
- [4] Permenkes RI, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum," *Peraturan Mentrri Kesehatan Republik Indonesia*. p. MENKES, 2010.
- [5] V. Viena, B. Bahagia, and Z. Afrizal, "Produksi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit dan Aplikasinya Pada Penyerapan Zat Besi, Mangan Dan ph Air Sumur," *J. Serambi Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 875–882, 2019, doi: 10.32672/jse.v5i1.1660.
- [6] R. Chirinos, G. Zuloeta, R. Pedreschi, E. Mignolet, Y. Larondelle, and D. Campos, "Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity," *Food Chem.*, vol. 141, no. 3, pp. 1732–1739, 2013, doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.078.
- [7] D. Asnawati *et al.*, "Adsorpsi Metanil Yellow Menggunakan Karbon Aktif Limbah Cangkang Buah Kawista (*Limonia Acidissima L.*)," *J. Pijar Mipa*, vol. 15, no. 3, pp. 247–251, 2020, doi: 10.29303/jpm.v15i3.1724.
- [8] M. F. Endya and I. A. Wahyudie, "Pengaruh Filler Plastik dan Optimasi Faktor Proses Produksi Cellular Lightweight Concrete," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 01, no. 1, 2023.
- [9] Z. Kurniawan, M. Subhan, and I. A. Wahyudie, "Aplikasi Response Surface Method Dalam Optimasi Proses Thermal Treatment Pasir Zirkon," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2018.