

Efek Temperatur Pengarangan Cangkang Kerang dan Tulang Sapi Terhadap *Proximate*

Mohammad Nurhilal^{1*}, Rosita Dwityaningsih², Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu³, Radhi Ariawan⁴

^{1,4}Program Studi teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

^{2,3}Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3,4}Jl. Dr. Soetomo No. 1 Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: mohammadnurhilal76@pnc.ac.id¹, rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id²,

theresiaevila@pnc.ac.id³,radhi.ariawan@pnc.ac.id⁴

Info Naskah:

Naskah masuk: 12 November 2021

Direvisi: 9 Januari 2022

Diterima: 15 Januari 2022

Abstrak

Studi pengolahan pemanfaatan limbah hewan sebagai bahan arang untuk kebutuhan bahan arang aktif terus dikaji dan dikembangkan. Pembuatan arang aktif dengan cara aktivasi pada temperatur, kondisi, dan waktu tertentu agar dihasilkan kandungan karbon pada arang lebih tinggi. Faktor penting dalam pembuatan arang aktif salah satunya adalah temperatur proses pengarangan. Tujuan dalam kajian ini membahas faktor temperatur proses pengarangan bahan cangkang kerang dan tulang sapi terhadap kadar air, abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Metode pendekatan penelitian melalui eksperimen pembuatan arang dengan variasi temperatur 400, 500, 600, 700, dan 800 °C. Hasil uji kadar abu dan kadar air tertinggi adalah arang tulang sapi pada temperatur 800 °C sebesar 98,697 %, dan pada temperatur 400 °C sebesar 4,942 %. Kadar *volatile matter* dan *fixed carbon* tertinggi adalah arang cangkang kerang pada temperatur 800 °C yaitu sebesar 6,717 %, dan temperatur 500 °C sebesar 43,282 %. Hasil ini menyimpulkan bahwa pengaruh temperatur proses pengarangan mempengaruhi kadar air, abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*.

Keywords:

arang;
temperatur;
proximate

Abstract

Studies on the use of animal waste as charcoal ingredient in the needs of activated charcoal material has been carried out and developed. Activated charcoal is produced through activation process at a certain temperature, condition, and time in order to create a higher carbon content in charcoal. One of the important factors in the manufacture of activated charcoal is the temperature during the production process. The purpose of this study is to discuss the influence of temperature factor of mussel shells and beef bones on water content, ash content, volatile matter and fixed carbon during the charcoal production process. The research is carried out through experimental method of making charcoal with temperature variations of 400, 500, 600, 700, and 800 oC. The result of the experiment shows the highest ash content and water content found respectively in beef bone charcoal of 800 oC which is 98,697 %, and of 400 oC which is 4,942 %, while the highest volatile matter and fixed carbon levels are found in clam shell charcoal of 800 oC which is 6,717 %, and of 500 oC which is 43,282 %. The result concluded that the effect of the temperature of the production process affects the water content, ash, volatile matter and fixed carbon.

*Penulis korespondensi:

Mohammad Nurhilal

E-mail: mohammadnurhilal76@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Pemanfaatan limbah hewan berupa cangkang kerang dan tulang sapi sebagai bahan arang aktif masih terus dikaji dan dikembangkan untuk berbagai macam penggunaan dan kebutuhan. Hal ini dikarenakan keberadaan kedua limbah tersebut mudah di dapat dan bahan bakunya sangat melimpah. Limbah cangkang kerang biasanya tersebar di daerah sekitar laut oleh para nelayan, dan bahkan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) masih banyak dijumpai. Nilanto Prabowo dalam Antara menyampaikan masih sedikit masyarakat kita yang baru menekuni peluang usaha dalam pengolahan limbah ikan dan cangkang kerang, yang mana ketersediaan bahan baku tersebut sangat melimpah [1]. Sedangkan limbah tulang sapi dihasilkan dari hewan sapi yang oleh para pedagang daging sapi sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi secara ekonomi. Di sisi lain, potensi sumber bahan baku limbah tulang sapi di Indonesia sangat melimpah, dan hampir belum dapat dimanfaatkan secara maksimal baik dari sisi ekonomi maupun kemanfaatannya. Limbah tulang sapi ini kaya akan kandungan kalsium, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai biomaterial seperti hidroksiapatit. Tulang sapi dapat dijadikan bahan hidroksiapatit melalui proses pembersihan, pengukusan, penggilingan dan dipanaskan pada temperatur 950 °C dan dilanjutkan dengan proses penggilingan pada penyaringan 80 mesh [2].

Cangkang kerang dan tulang sapi diketahui memiliki kandungan kalsium yang tinggi. Dimana, kedua bahan tersebut memungkinkan dapat dibuat sebagai bahan arang aktif. Kajian pembuatan arang aktif lebih banyak menggunakan bahan organik dari tumbuhan. V. E. Efevbokhan et.al dalam penelitiannya mengkaji tentang pembuatan karbon aktif dari bahan kulit pisang raja dan tempurung kelapa dengan aktivator jeruk lemon dan garam kalium dari kulit pisang raja mentah [3]. Kemudian, kajian tentang pemanfaatan limbah kelapa sawit menjadi karbon aktif melalui aktivasi dengan (Na_2CO_3) dan (NaCl) [4]. Selanjutnya, kajian pemanfaatan kulit salak melalui proses pirolisis pada temperatur 500 °C dalam pembuatan karbon aktif [5].

Cangkang kerang merupakan salah satu limbah organik yang dihasilkan dari kerang laut. Pemanfaatan cangkang kerang banyak digunakan untuk bahan penambah makanan, kerajinan (aksesoris), bahan penyerap (adsorben) serta pemanfaatan lainnya. Banyak kajian yang membahas pemanfaatan karbon aktif (arang aktif) dari cangkang kerang untuk bahan adsorben (penyerap/penjerap) logam yang terkontaminasi dalam cairan, di antaranya oleh L Ifa dkk, membahas tentang pemanfaatan cangkang kerang untuk bahan adsorben logam pada limbah industri pertambangan emas [6]. Pemanfaatan karbon aktif cangkang kerang untuk menurunkan kadar logam berat dan memperbaiki pH dalam air gambut [7]. S. Munawaroh dan S. Widyastuti dalam penelitiannya tentang bahan adsorben dari cangkang kerang darah (*anadara granosa* Linn) pada penyerapan logam besi [8]. Limbah cangkang kerang *anadargranosa* diolah menjadi abu cangkang dan digunakan sebagai bahan adsorben logam berat dalam air laut [9].

Pembuatan serbuk cangkang kerang dan tulang sapi melalui proses pemanasan pada temperatur tinggi. Hal ini

dikarenakan cangkang kerang banyak mengandung kalsium. Sama halnya dengan tulang sapi yang memiliki kandungan kalsium yang tinggi. Proses pemanasan bahan yang mengandung kalsium tinggi biasanya disebut dengan proses kalsinasi, dimana bahan yang banyak mengandung kandungan karbonat akan diubah menjadi kalsium oksida melalui pemanasan pada suhu yang tinggi. Proses sintesis $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ limbah kerang menggunakan metode *solvothermal*, dimana proses kalsinasi pada temperatur 1000 °C [10]. Kemudian, kajian tentang cangkang kerang ale-ale (*meretix-meretix*) melalui sintesis kalsium oksida pada temperatur 900 °C [11]. Proses kalsinasi serbuk tulang sapi pada temperatur 750 °C untuk mendapatkan senyawa kalsium fosfat (*hidroksiapatit*) [12]. Proses sintering pada sintesis *hidroksiapatit* tulang sapi dengan metode basah memvariasikan temperatur 800, 850, 900, dan 950°C [13].

Berdasarkan hasil kajian terhadap proses kalsinasi/sintering pada cangkang kerang dan tulang sapi bahwa umumnya dilakukan pada temperatur tinggi, kondisi ini dikarenakan kandungan unsur dalam bahan banyak mengandung kalsium, sehingga proses pemanasan maupun pada saat pembuatan arang dari cangkang kerang dan tulang sapi harus memperhatikan faktor temperatur. Cangkang kerang yang digunakan untuk pembuatan arang adalah jenis kerang darah (*Tegillarca granosa*), dimana kerang tersebut mempunyai ciri-ciri dalam tubuhnya tebal, menggembung, dan memiliki bagian menyerupai rusuk pada bagian cangkang [14]. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pengarang cangkang kerang dan tulang sapi terhadap kadar abu, air, *volatile matter*, dan *fixed carbon* pada arang cangkang kerang dan tulang sapi.

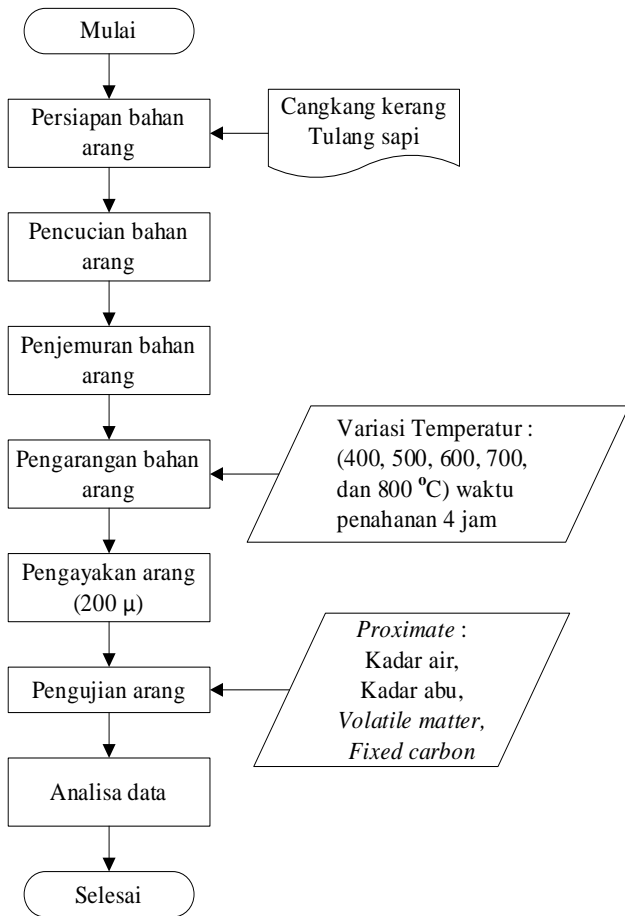
Kadar air bahan dapat di artikan kandungan air pada bahan padat. Dimana, jika kadar air pada bahan semakin tinggi maka nilai kalor pada bahan tersebut semakin kecil, dan begitu juga sebaliknya. Sedangkan kadar abu dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran jika digunakan sebagai bahan bakar. Jika kadar abu yang dihasilkan tinggi maka nilai kalornya semakin rendah, dan begitu juga sebaliknya semakin rendah kadar abu pada bahan maka nilai kalornya semakin tinggi.

Kadar zat terbang (*volatile matter*) dapat ditentukan dengan cara mengukur berat bahan yang hilang setelah dipanaskan pada temperatur 900 °C tidak ada kontak dengan udara yang selanjutnya dikurangi dengan kandungan air lembab. *Fixed carbon* dapat dinyatakan dengan banyaknya kandungan unsur karbon tetap yang terdapat pada bahan bakar padat yang berupa arang. Kadar karbon padat dihitung dari seratus persen terhadap jumlah kandungan air lembab (*inherentmatter*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), dan kandungan kadar abu (*ash*).

2. Metode

Metode pendekatan penelitian ini adalah eksperimen melalui studi pembuatan arang dengan memvariasikan temperatur 400, 500, 600, 700, dan 800 °C pada *holding time* 4 jam. Variasi masing-masing proses pengarang tersebut akan diketahui pengaruhnya terhadap kandungan *proximate* seperti : kadar air, abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon* pada kedua bahan arang cangkang kerang dan

tulang sapi. Berikut penjelasan alur tahapan penelitian digambarkan dalam *flow chart*.



Gambar 1. *Flow chart* penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Bahan penelitian berupa cangkang kerang jenis darah (*Tegillarcagranosa*) dan tulang sapi. Sedangkan alat-alat yang digunakan meliputi :

- Tungku pengarangan
- Penumbuk
- Sieving* (ayakan) 200 mesh
- Oven.
- Gelas ukur.
- Timbangan digital.
- Cawan (*crucible*).

2.2 Analisa Data

Data penelitian dihasilkan dari data hasil pengujian *proximate* yang meliputi : kadar abu, kadar air, *volatile matter*, dan *fixed carbon* dihitung secara matematis dan selanjutnya dianalisa. Untuk menghitung kadar air pada bahan padat menggunakan persamaan (1).

$$Kadar\ Air\ \% = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times \% \quad (1)$$

dimana,

G_0 = berat contoh sebelum dikeringkan (gr).

G_1 = berat contoh sesudah dikeringkan (gr).

Kadar abu dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Kadar\ Abu\ \% = \frac{C}{A} \times \% \quad (2)$$

dimana,

C = berat abu/residu (gr)

A = berat bahan sebelum pengabuan (gr)

Perhitungan *volatile matter* menggunakan persamaan berikut.

$$VM\ (\%) = \frac{X_2 - X_3}{X_2 - X_1} \times 100\% \quad (3)$$

Fixed carbon dapat dihitung dengan persamaan (4)

$$FC\ (\%) = 100\% - (IM + VM + Ash) \quad (4)$$

dimana,

FC = *Fixed carbon*

IM = Kandungan air lembab

VM = *Volatile matter*

Ash = Kadar abu

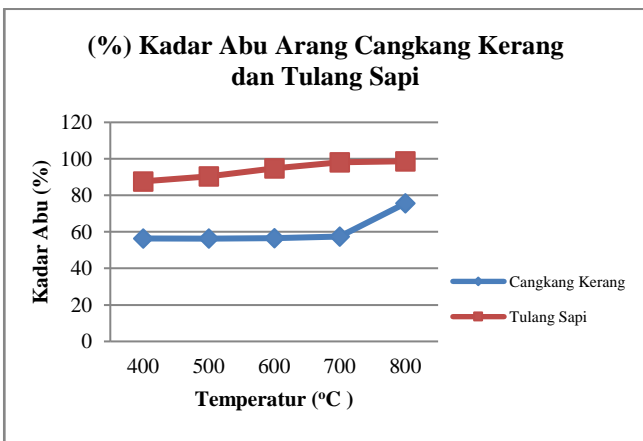
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji *proximate* yang meliputi kadar abu, air, *volatile matter*, dan *fixed carbon* arang cangkang kerang dan tulang sapi seperti dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *proximate* (kadar air, abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*) arang cangkang kerang dan tulang sapi.

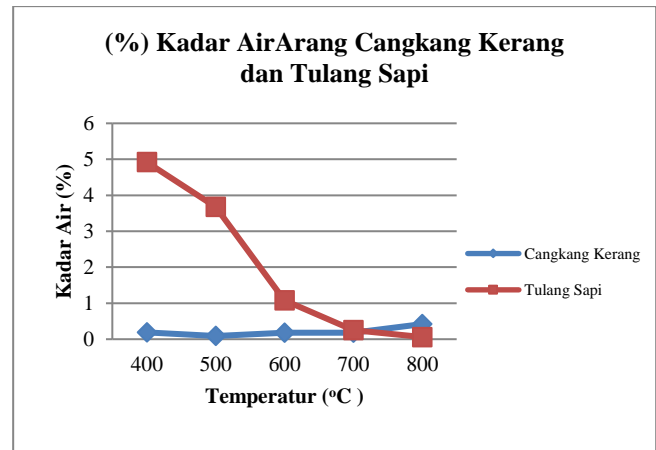
Arang Karbon	Temperatur (°C)	Hasil Uji <i>Proximate</i>			
		Abu (%)	Air (%)	<i>Volatile Matter</i> (%)	<i>Fixed Carbon</i> (%)
Cangkang Kerang	400	56,407	0,18	0,228	43,017
		56,468	0,203	0,312	43,095
	500	56,009	0,073	0,267	43,034
		56,594	0,105	0,389	43,529
	600	56,547	0,173	0,108	43,109
		56,6	0,183	0,208	43,163
	700	57,505	0,161	0,726	41,513
		57,531	0,199	0,821	41,723
800	75,55	0,402	6,65	17,095	
	75,694	0,438	6,783	17,398	
Tulang Sapi	400	87,604	4,9	4,421	2,929
		87,75	4,941	4,435	3,02
	500	90,325	3,613	2,967	2,968
		90,352	3,74	3,055	2,98
	600	94,839	1,069	1,669	2,314
		94,843	1,092	1,755	2,419
	700	98,073	0,248	0,604	0,902
		98,233	0,261	0,63	1,049
800	98,685	0,047	0,495	0,662	
	98,708	0,073	0,606	0,724	

Hasil uji kadar abu arang cangkang kerang dan tulang sapi seperti dijelaskan dalam Tabel 1 menggambarkan adanya hasil kadar abu yang sama pada masing-masing variasi temperature maupun pada kedua bahan arang, dimana semakin tinggi temperatur pengarangan maka kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar abu arang cangkang kerang dan tulang sapi tertinggi dihasilkan pada temperatur 800 °C yaitu secara berturut-turut sebesar 75,55 - 75,694 % dan 98,685 - 98,708 %. Kadar abu ini dihasilkan pada proses pengarangan bahan pada temperatur tinggi sehingga menyisakan bahan yang tidak terbakar. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh S. Ramadhan, Tumisem, dan Susanto, dimana dalam kajian penelitian pada kerang totok dihasilkan kadar abu rata-rata sebesar 94,90 %. [15]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh P. Previanti dkk, dimana kadar abu yang dihasilkan arang tulang sapi pada temperature 400, 600 dan 800 °C secara berturut-turut sebesar 3,08, 4,76, dan 6,01 %. Semakin meningkatnya temperatur aktivasi pada proses pengarangan maka kadar abu juga semakin meningkat [16]. Dari kedua kajian penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa temperatur pada proses pengarangan akan mempengaruhi hasil kadar abu pada arang. Tingginya kadar abu ini dimungkinkan dari sisa hasil proses pengarangan bahan arang.



Gambar 2. Kadar abu arang cangkang kerang dan tulang sapi.

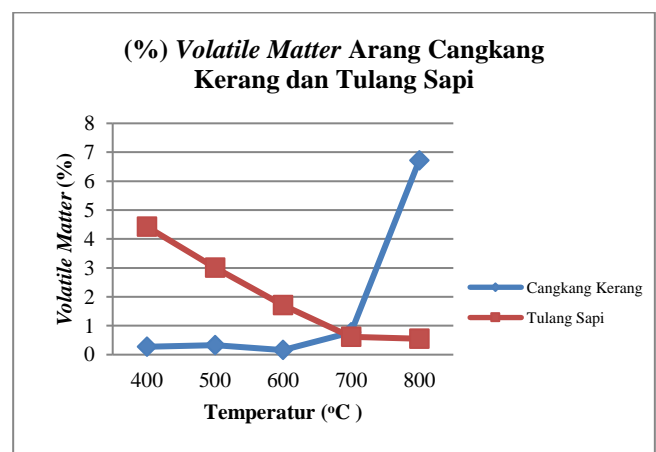
Kadar air arang cangkang kerang dan tulang sapi dipengaruhi oleh temperatur pengarangan. Pada proses pengarangan pada temperatur 400 °C dihasilkan kadar air yang tinggi untuk arang tulang sapi yaitu 4,900 - 4,941 %. Sedangkan kadar air arang cangkang kerang, dimana kadar air tertinggi pada temperatur 800 °C yaitu sebesar 0,402 - 0,438 %. Hasil penelitian yang sama seperti dilakukan oleh S. Wardani, dan R. Mirdayanti pada kajian aktivasi tulang kambing dengan variasi temperatur, dimana kadar air pada temperatur 500, 600, dan 700 °C secara berturut-turut sebesar 1,21 %, 1,738 %, dan sebesar 1,61 % [17]. Hasil uji ini menggambarkan bahwa pada proses pengarangan selain temperatur yang mempengaruhi kadar air arang juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti bahan arang, uap air di udara, penggilingan, dan pengayakan. Sehingga, adanya faktor-faktor tersebut yang menyebabkan hasil kadar air tidak sama pada setiap variasi temperatur.



Gambar 3. Kadar air arang cangkang kerang dan tulang sapi.

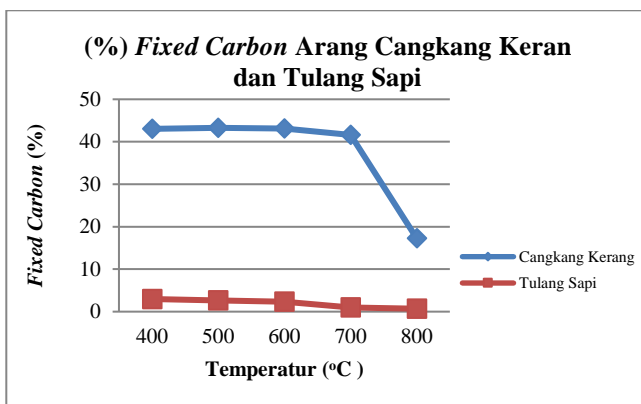
Pengaruh temperatur pada hasil *volatile matter* terlihat secara merata pada arang tulang sapi, dimana semakin tinggi temperatur maka kadar *volatile matter* akan menurun. Pada temperatur 400 °C sebesar 4,421 – 4,435%, akan tetapi pada temperatur 800 °C terjadi penurunan kadar *volatile matter* yaitu antara 0,495 – 0,606%. Proses aktivasi pada tulang kambing menghasilkan kadar *volatile matter* yang bervariasi pada masing-masing temperatur aktivasi, pada temperatur 500 °C sebesar 0,434 %, 600 °C sebesar 8,296 %, dan temperatur aktivasi 700 °C sebesar 2,797 % [17].

Kadar *volatile matter* yang tinggi dimungkinkan hasil interaksi antara karbon dengan uap air. Kadar *volatile matter* juga memiliki hasil yang bervariasi pada masing-masing temperatur yang dilakukan oleh peneliti yang sama pada kajian aktivasi kimia dan fisika pada bahan tulang kambing, dimana pada temperatur aktivasi 500, 600, dan 700 °C secara berturut-turut sebesar 4,252 %, 5,144 %, dan 9,619 %. Hasil ini juga menjelaskan bahwa meningkatnya temperatur aktivasi juga akan meningkatkan kadar *volatile matter* bahan arang [18]. Kedua penelitian di atas menyimpulkan bahwa temperatur aktivasi proses pengarangan mempengaruhi kadar *volatile matter*. Kadar *volatile matter* yang tinggi dimungkinkan hasil dari interaksi antara karbon dengan uap air.



Gambar 4. Volatile matter arang cangkang kerang dan tulang sapi

Hasil uji *fixed carbon* tertinggi pada temperatur 500 °C untuk arang cangkang kerang yaitu 43,034 – 43,529%, sedangkan arang tulang sapi sebesar 2,929 – 3,02% pada temperatur 400 °C. Hasil *fixed carbon* tertinggi pada kedua sampel dihasilkan pada temperatur rendah, meskipun sedikit perbedaan temperatur akan tetapi secara signifikan terjadi kenaikan kadar *fixed carbon* seiring dengan penurunan temperatur. Hasil *fixed carbon* arang tulang kambing pada masing-masing temperatur menghasilkan *fixed carbon* yang bervariasi, dimana pada temperatur aktivasi 500 °C sebesar 96,616 %, pada temperatur 600 °C sebesar 88,794 %, dan pada temperatur 700 °C sebesar 94,744 %. Hasil optimum *fixed carbon* dihasilkan pada temperatur 500 °C [18]. Jadi, berdasarkan hasil penelitian dan kajian penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa faktor temperatur proses pengarang mempengaruhi kadar *fixed carbon* pada arang.



Gambar 5. *Fixed carbon* arang cangkang kerang dan tulang sapi

4. Kesimpulan

Kadar abu dan kadar air tertinggi adalah arang tulang sapi pada temperatur 800 °C sebesar 98,697 %, dan temperatur 400 °C sebesar 4,920 %. Kadar *volatile matter* dan *fixed carbon* tertinggi adalah arang cangkang kerang pada temperatur 800 °C yaitu sebesar 6,717 %, dan temperatur 500 °C sebesar 43,282 %. Temperatur proses pengarang mempengaruhi kandungan *proximate* pada arang cangkang kerang dan tulang sapi

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak-pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian internal tahun 2021. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Cilacap serta Ka.PPPM atas izin dan berkenannya penulis untuk dapat melaksanakan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] F. Yuniarto, "Pemanfaatan Limbah Kulit Ikan dan Cangkang Kerang Sebagai Produk Berdaya Guna Sudah Dibuktikan Sejumlah Pelaku Usaha di Indonesia," 2020. <https://www.antaranews.com/berita/1679210/pemanfaatan-limbah-kulit-ikan-dan-kerang-bisa-jadi-bisnis-menjanjikan>.
- [2] A. S. Budiati *et al.*, "Exploration of bovine bone waste as source of bovine hydroxyapatite synthesis and its composite with gelatin-hydroxypropylmethyl cellulose as injectable bone substitute," *Ecol. Environ. Conserv.*, vol. 26, pp. S135–S140, 2020.
- [3] V. E. Efevbokhan *et al.*, "Preparation and characterization of activated carbon from plantain peel and coconut shell using biological activators," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1378, no. 3, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1378/3/032035.
- [4] G. Handika, S. Maulina, and V. A. Mentari, "Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na₂CO₃) dan Natrium Klorida (NaCl)," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 4, pp. 41–44, 2017.
- [5] I. Sari, U. I. Purnamasari, and M. T. Lubis, "Production of Activated Carbon from Zalacca Peel (Salacca Zalacca) by Physical Process Using Steam Assisted Microwave Heating," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 4, pp. 45–49, 2017, doi: <https://doi.org/10.32734/jtk.v6i4.1598>.
- [6] L. Ifa, M. Akbar, A. Fardi Ramli, and L. Wiyani, "Pemanfaatan cangkang kerang dan cangkang kepiting sebagai adsorben logam Cu, Pb dan Zn PADA LIMBAH INDUSTRI PERTAMBANGAN EMAS," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 27, 2018, doi: 10.33536/jcpe.v3i1.191.
- [7] S. Munawaroh and S. Widyastuti, "PENJERAPAN LOGAM BESI (Fe) MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG KERANG DARAH (Anadara granosa Linn)," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 17, no. 2, pp. 1–5, 2019, doi: 10.36456/waktu.v17i2.2131.
- [8] M. Naswir, Z. Rodhiyah, W. L. Christina, and Y. G. Wibowo, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut dan Cangkang Kerang Dalam Menurunkan Kadar Logam Berat dan Memperbaiki Nilai pH Pada Air Gambut," *Semin. Nas. Inovasi, Teknol. dan Apl.*, pp. 144–146, 2019.
- [9] W. S. Sudarmawan, J. Suprijanto, and I. Riniatsih, "Abu Cangkang Kerang Anadara granosa, Linnaeus 1758 (Bivalvia: Arcidae) sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Laut," *J. Mar. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 237–244, 2020, doi: 10.14710/jmr.v9i3.26539.
- [10] A. N. Faisal Akbar, Retno Kusumaningrum, Miraj S. Jamil, "Sintesis Ca₂P₂O₇ dari Limbah Kerang dengan Metode Solvothermal," *J. Fis. DAN Apl.*, vol. 15, no. 03, pp. 110–113, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v15i3.4707>.
- [11] R. Atika Oktaviana Maisyarah, Anis Shofiyani, "SINTESIS CaO DARI CANGKANG KERANG ALE-ALE (Meretrix meretrix)," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 8, no. 1, pp. 37–40, 2019.
- [12] J. K. Odusote, Y. Danyuo, A. D. Baruwa, and A. A. Azeez, "Synthesis and characterization of hydroxyapatite from bovine bone for production of dental implants," *J. Appl. Biomater. Funct. Mater.*, vol. 17, no. 2, pp. 1–7, 2019, doi: doi.org/10.1177/228080001983682.
- [13] R. Yuliana, E. A. Rahim, and J. Hardi, "Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode Basah Pada Berbagai Waktu Pengadukan Dan Suhu Sintering," *Kovalen*, vol. 3, no. 3, pp. 201–210, 2017, doi: 10.22487/j24775398.2017.v3.i3.9329.
- [14] Tim Perikanan WWF, *Perikanan Kerang (Panduan Penangkapan dan Penanganan)*, Edisi 1. 2015.
- [15] Satria Ramadhan, Tumisem, and Susanto, "Analisis Kadar Unsur dan Senyawa Kimia Limbah Cangkang Kerang Totok (Geloina sp.) Hasil Tangkapan Masyarakat Desa Bulupayung Kabupaten Cilacap di Sungai Serayu," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Entrep. III*, pp. 274–285, 2016.
- [16] P. Previanti, H. Sugiani, U. Pratomo, and S. Sukrido, "Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga," *Chim. Nat. Acta*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015, doi:

- 10.24198/cna.v3.n2.9182.
- [17] S. Wardani and R. Mirdayanti, "Optimasi Suhu Aktivasi Proses Pembuatan Arang Aktif Limbah Tulang Kambing," *J. Serambi Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 498–505, 2019, doi: 10.32672/jse.v4i2.1327.
- [18] S. Wardani, E. Rosa, and R. Mirdayanti, "Pengolahan Limbah Tulang Kambing Sebagai Produk Arang Aktif Menggunakan Proses Aktivasi Kimia dan Fisika," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 18, no. 1, pp. 67–72, 2020, doi: 10.14710/jil.18.1.67-72.