

# **Pengaruh Temperatur dan *Volume* Media Air Terhadap Produk *Hydrochar* Pada Proses Karbonisasi Hidrotermal Sampah Pasar Tradisional**

**MUHAMMAD FARIS RIFANDI<sup>1</sup>, MOHAMAD RANGGA SURURI<sup>1</sup>, DJAENUDIN<sup>2</sup>, HERLIAN ERISKA PUTRA<sup>2</sup>**

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
2. Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bandung 40135, Indonesia  
Email: farisrifandi26@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh dari temperatur dan volume media air yang digunakan selama proses karbonisasi hidrotermal terhadap kualitas produk hydrochar yang dihasilkan. Proses karbonisasi hidrotermal berlangsung pada kisaran temperatur 180, 200, dan 220°C serta volume media air yang digunakan saat proses yaitu 250, 325, dan 500 ml. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa meningkatnya temperatur dan volume media air akan meningkatkan nilai kalor hydrochar, namun berakibat terhadap berat produk yang semakin sedikit. Nilai kalor hydrochar tertinggi didapatkan yaitu 22,5 MJ/Kg dengan berat 53,1 gram.*

**Kata kunci:** *Karbonisasi Hidrotermal, Hydrochar*

## **1. PENDAHULUAN**

Pasar tradisional Ciroyom yang berlokasi di Kota Bandung, Jawa Barat menghasilkan timbunan sampah padat sebanyak 1,64 ton setiap harinya (Widyarsana dan Daniel, 2020). Komposisi sampah pasar tersebut terdiri dari 83% sampah organik berkadar air tinggi, dan kondisinya tercecer akibat kurangnya kapasitas tempat penampungan yang ada. Hal tersebut menyebabkan sampah pasar menimbulkan bau yang tidak sedap, pemandangan kurang menyenangkan, serta beriringan dengan waktu akan menghasilkan air lindi berkadar organik tinggi yang dapat mencemari lingkungan (Ramdhani dkk., 2018; Sufi Rahayu dkk., 2021; Sururi dkk., 2014; Widyarsana dan Daniel, 2020).

Selain permasalahan sampah, jumlah kebutuhan sumber energi batubara di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) kebutuhan energi Indonesia hingga tahun 2024 terus meningkat dan diperkirakan akan mencapai 187 juta ton (ESDM, 2021). Namun hal tersebut tidak beriringan dengan ketersediaan bahan bakar fosil yang saat ini masih menjadi sumber energi utama semakin menipis setiap tahunnya (Nanda dan Berruti, 2021).

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah sampah padat dengan kadar air tinggi untuk memproduksi material seperti batubara yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternative yaitu karbonisasi hidrotermal. Karbonisasi hidrotermal merupakan proses termokimia menjanjikan yang dapat mengkonversi limbah padat (biomasa, plastik) menjadi produk *hydrochar* pada temperatur yang relatif rendah (180-250°C) (Shen, 2020). Pada proses karbonisasi hidrotermal menggunakan media air dalam keadaan subkritis yang berfungsi untuk melarutkan sampah maupun sebagai katalis (H. E. Putra dkk., 2021). Dengan teknologi karbonisasi hidrotermal, sampah padat akan dikonversi menjadi *hydrochar* yang merupakan bahan mirip batubara dengan kandungan karbon tinggi yang dapat digunakan menjadi sumber energi alternatif pengganti batubara (Nugraha dkk., 2019; H. Putra dkk., 2020).

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Bahan Baku Penelitian

Bahan baku sampah pasar tradisional bersumber dari pasar tradisional Ciroyom, Kota Bandung, Jawa Barat. Komposisi sampah yang digunakan yaitu 83% organik, 8% plastik, 5% kertas, dan 4% lain-lain (Widyarsana dan Daniel, 2020). Adapun untuk sampah organik direpresentasikan oleh sayuran, kulit pisang, kulit buah, kulit singkong, sabut kelapa, sampah plastik oleh kantong plastik, sampah kertas oleh wadah telur, dan lain lain oleh *Styrofoam*.

**Tabel 1. Jumlah Per Komposisi Bahan Baku Sampah**

Komposisi Sampah	Persentase (%)	Berat Total Bahan Baku Sampah (g)	Berat per Komposisi Bahan Baku Sampah (g)
Organik	83	250	207,5
Kertas dan Karton	5		12,5
Plastik	8		20
Lain-lain	4		10

Pada proses karbonisasi hidrotermal membutuhkan air sebagai media yang berfungsi pelarut maupun reaktan untuk mengkonversi limbah biomassa. Pada penelitian ini media air yang digunakan merupakan air limbah *laundry* yang bersumber dari salah satu kegiatan usaha *laundry* yang berlokasi di Kota Bandung, Jawa Barat.

### 2.2 Instrumen dan Prosedur Penelitian

Alat Karbonisasi hidrotermal yang digunakan merupakan skala laboratorium dengan kapasitas sebanyak 1 liter. Kondisi operasi karbonisasi hidrotermal dilakukan dalam beberapa kondisi operasi diantaranya temperatur 180, 200, dan 220°C serta rasio (sampah : media air) 0,5; 0,75; 1 atau jumlah *volume* media air 500 ml, 325 ml dan 250 ml.



**Gambar 1. Skematik Karbonisasi Hidrotermal  
(Sumber: Penelitian, 2022)**

Pada prosesnya sebanyak 250 gram sampah pasar campuran dengan *volume* media air limbah laundry yang sudah ditentukan dimasukkan kedalam reaktor. Kemudian reaktor dipanaskan hingga mencapai temperatur yang telah ditetapkan. Ketika temperatur sudah tercapai, kemudian dilakukan proses karbonisasi selama 90 menit. Setelah proses selesai dan reaktor telah didinginkan, keluarkan produk gas, cair, dan padat dari reaktor. Pisahkan produk padat dan cair dengan melakukan penyaringan. Keringkan sampel padat selama 24 jam yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada sampel.

### 2.3 Analisa Produk *Hydrochar*

Analisa nilai kalor dilakukan terhadap produk padat *hydrochar*. Sebelum dilakukan analisa, terlebih dahulu sampel dihaluskan serta diayak menggunakan *sieve shaker* sehingga berbentuk butiran halus yang lolos saringan berukuran 60 *mesh*. Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat bom kalorimeter. Pengukuran dilakukan di lokasi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Persamaan 1 dibawah ini digunakan untuk menentukan nilai kalor produk *hydrochar* hasil pengukuran dengan bom kalorimeter.

$$\text{Nilai Kalor (cal/g)} = \frac{(\Delta T \times W) - e1 - e2 - e3}{m} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- $\Delta T$  = Perubahan temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $W$  = Energi ekuivalen (2426 cal/ $^{\circ}\text{C}$ )
- $e1$  = Volume natrium karbonat yang terpakai untuk titrasi (ml)
- $e2$  =  $13,7 \times 1,02 \times$  berat sampel
- $e3$  =  $2,3 \times$  panjang kawat *fuse* yang terbakar
- $m$  = berat sampel yang dianalisis (gram)

## 2.4 Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh dari temperatur dan jumlah media air yang digunakan pada proses karbonisasi hidrotermal terhadap berat serta nilai kalor *hydrochar*, dilakukan analisa statistika dengan menggunakan metode regresi linear berganda. Dasar pengambilan keputusan dilakukan dengan melihat nilai koefisien korelasi ( $r$ ). Koefisien korelasi menunjukkan seberapa besar pengaruh beberapa variabel bebas terhadap variabel terikat, dimana semakin mendekati angka 1 maka semakin besar pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat (Sugiyono dan Lestari, 2021).

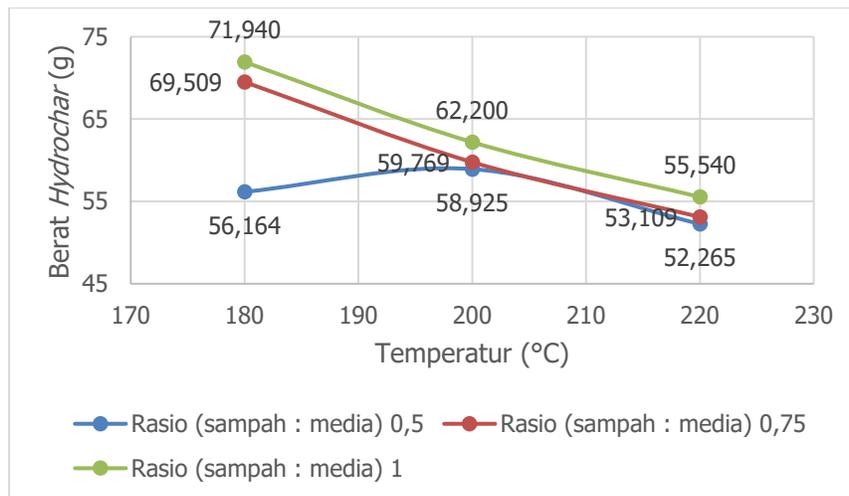
**Tabel 2. Klasifikasi Nilai Koefisien Korelasi ( $r$ )**

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,8 – 1	Sangat Kuat
0,6 – 0,799	Kuat
0,4 – 0,599	Cukup Kuat
0,2 – 0,399	Rendah
0,0 – 0,199	Sangat Rendah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Temperatur Proses dan *Volume* Media Air Terhadap Berat Produk *Hydrochar*

Pada **Gambar 2** disajikan hasil pengukuran berat kering produk *hydrochar* yang didapatkan dari proses karbonisasi hidrotermal pada kondisi temperatur dan *volume* media air yang bervariasi.

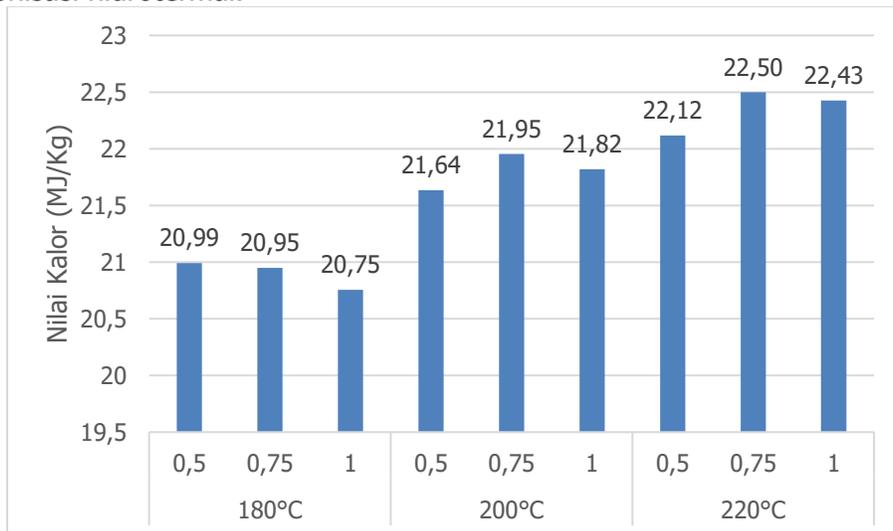


**Gambar 2. Berat Produk *Hydrochar* Berdasarkan Kondisi Operasi Karbonisasi Hidrotermal (Sumber : Hasil Pengukuran, 2022)**

Dari hasil pengukuran yang ditampilkan pada gambar 1, didapatkan bahwa berat produk *hydrochar* yang dihasilkan dari proses karbonisasi hidrotermal sampah pasar tradisional akan semakin sedikit seiring dengan meningkatnya temperatur proses dan *volume* media air yang digunakan. Dibuktikan dengan hasil uji statistika menggunakan metode regresi linear berganda, didapatkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) antara temperatur proses dan jumlah media air terhadap berat produk *hydrochar* sebesar 0,89 atau termasuk kedalam kategori sangat kuat (Sugiyono dan Lestari, 2021). Selain itu didapatkan nilai *slope* ( $\beta$ ) pada persamaan regresi untuk variabel temperatur bernilai negatif (-) dan variabel jumlah media air (+). Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa temperatur proses dan *volume* media air yang digunakan pada proses karbonisasi hidrotermal berpengaruh terhadap berat produk *hydrochar*, dimana semakin tinggi temperatur dan semakin banyak *volume* media air akan mengakibatkan semakin sedikitnya berat produk *hydrochar* yang dihasilkan. Temperatur merupakan parameter utama proses karbonisasi hidrotermal dalam membentuk formasi *hydrochar*. Pada temperatur yang tinggi, media air akan berada pada kondisi subkritis yang berfungsi sebagai pelarut dan reaktan untuk mendegradasi limbah biomassa melalui serangkaian reaksi seperti hidrolisis, dehidrasi, dekarboksilasi, dan polimerisasi (Nugraha dkk., 2019; H. Putra dkk., 2020). Selain itu, semakin banyak jumlah media air yang digunakan akan merendam keseluruhan permukaan bahan baku yang menyebabkan reaksi dekomposisi berjalan dengan baik, sehingga menyebabkan berat *hydrochar* yang semakin sedikit (H. E. Putra dkk., 2021).

### 3.2 Pengaruh Temperatur Proses dan Volume Media Air Terhadap Nilai Kalor Produk *Hydrochar*

Nilai kalor merupakan parameter utama yang digunakan untuk menentukan kualitas suatu bahan bakar, dimana semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik kualitasnya (Iskandar dkk., 2019). Berikut pada **Gambar 3** disajikan hasil pengukuran nilai kalor *hydrochar* berdasarkan kondisi operasi karbonisasi hidrotermal.



**Gambar 3. Nilai Kalor Produk *Hydrochar* Berdasarkan Kondisi Operasi Karbonisasi Hidrotermal**  
(Sumber : Hasil Pengukuran, 2022)

Nilai kalor produk *hydrochar* meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur proses. Didapatkan nilai kalor *hydrochar* tertinggi yaitu pada kondisi operasi temperatur 220°C, dan rasio

(sampah : media) 0,75 atau *volume* media air 325 ml. Didapatkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dari hasil uji regresi linear berganda yaitu sebesar 0,96 atau termasuk kedalam kategori sangat baik. Didapatkan pula dari persamaan regresi nilai *slope* ( $\beta$ ) untuk variabel temperature dan juga jumlah media air bernilai positif (+). Dari hasil analisa menggunakan regresi linear berganda dapat disimpulkan bahwa temperatur dan juga *volume* media air yang digunakan pada proses karbonisasi hidrotermal sangat berpengaruh terhadap nilai kalor *hydrochar*, dimana semakin tinggi temperatur dan semakin banyak jumlah media air yang digunakan pada proses karbonisasi hidrotermal akan meningkatkan nilai kalor *hydrochar* yang didapat. Peningkatan nilai kalor *hydrochar* pada proses karbonisasi hidrotermal diakibatkan karena terjadinya penurunan kadar volatil, air, abu, dan peningkatan kadar *fixed carbon* yang terdapat pada limbah biomassa seiringan dengan meningkatnya temperatur (Sulaiman dkk., 2023). Dari hasil yang didapatkan sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Yunus (2021), dimana proses karbonisasi hidrotermal ini dapat meningkatkan nilai kalor suatu material, namun berdampak terhadap berat padatan yang semakin sedikit.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap berat serta nilai kalor terbukti bahwa kondisi proses karbonisasi hidrotermal sampah pasar tradisional meliputi temperatur dan *volume* media air berpengaruh signifikan terhadap kualitas serta kuantitas produk *hydrochar* yang dihasilkan. Semakin meningkatnya temperatur proses dan *volume* media air yang digunakan akan menghasilkan berat produk *hydrochar* yang semakin sedikit, namun menghasilkan produk *hydrochar* dengan nilai kalor yang besar. Nilai Kalor *hydrochar* terbesar didapatkan yaitu sebesar 22,5 MJ/Kg pada kondisi operasi temperatur 220°C, serta *volume* media air 325 ml. Sedangkan untuk berat produk terbesar didapatkan pada kondisi operasi temperatur 180°C, serta *volume* media air 250 ml.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Iskandar, N., Nugroho, S., dan Feliyana, M. F. (2019). Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI. *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(2).
- Nanda, S., dan Berruti, F. (2021). A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. *Journal of hazardous materials*, 403, 123970.
- Nugraha, T. H., Pambudi, N. A., dan Ranto, R. (2019). Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (Durio Zibethinus Murr) Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif Dengan Teknologi Hydrothermal. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(1), 43-48.
- Putra, H., Damanhuri, E., Dewi, K., dan Pasek, A. (2020). *Hydrothermal treatment of municipal solid waste into coal-like fuel*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Putra, H. E., Djaenudin, D., Damanhuri, E., Dewi, K., dan Pasek, A. D. (2021). Hydrothermal carbonization kinetics of lignocellulosic municipal solid waste. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 188-198.
- Ramdhani, M. Y., Sururi, M. R., dan Ainun, S. (2018). *Leachate Treatment from Sarimukti Landfill using ozone with sludge from water treatment plant as a catalyst*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- Shen, Y. (2020). A review on hydrothermal carbonization of biomass and plastic wastes to energy products. *Biomass and Bioenergy*, 134, 105479.
- Sufi Rahayu, S., Yuniarti Hasan, N., Pujiono, P., dan Setyoko, S. (2021). *Tinjauan Penanganan Sampah Di Pasar Tradisional Ciwidey Kabupaten Bandung Tahun 2021*. Poltekkes Kemenkes Bandung.

- Sugiyono, S., dan Lestari, P. (2021). Metode penelitian komunikasi (Kuantitatif, kualitatif, dan cara mudah menulis artikel pada jurnal internasional): Alvabeta Bandung, CV.
- Sulaiman, S. M., Nugroho, G., Saputra, H. M., Permana, D., Fitria, N., dan Putra, H. E. (2023). Valorization of Banana Bunch Waste as a Feedstock via Hydrothermal Carbonization for Energy Purposes. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7).
- Sururi, M. R., Ainun, S., dan Krisna, A. (2014). Pengolahan Lindi Dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon. *Reaktor*, 15(1), 20-26.
- Widyarsana, I. M. W., dan Daniel, O. I. (2020). Peningkatan Kapasitas Tempat Penampungan Sementara (TPS) Ciroyom Menjadi Stasiun Peralihan Antara (SPA) Berskala Kawasan di Kecamatan Andir, Kota Bandung. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(1), 25-32.
- Yunus, F. (2021). *Analisis Karakteristik Arang Briket Sekam Padi Melalui Proses Pengarangan Gelombang Mikro Dengan Penambahan Gas Nitrogen*. Universitas Muhammadiyah Ponorogo.