

# Potensi Pengolahan Sampah Popok Bayi Melalui Teknologi Hidrotermal Karbonisasi

**GANIZ AMARANTHI PUTRI<sup>1</sup>, YULIANTI PRATAMA<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 Bandung 40124
2. Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Komplek BRIN Bandung 40135

Email: ganizamaranti@gmail.com

## ABSTRAK

Sampah popok bayi sekali pakai menjadi salah satu penyumbang utama dari timbulan sampah kota yang membutuhkan perhatian khusus dalam pengolahannya, karena sulit terdegradasi secara alami. Salah satu teknologi pengolahan yang berpotensi adalah hidrotermal karbonisasi, yaitu proses pengolahan secara termokimia yang menggunakan air sebagai media reaksi yang dipanaskan agar mencapai tekanan tinggi, untuk mendegradasi sampah popok bayi sekali pakai. Penelitian dilakukan menggunakan SS-304 *stirred reactor* berkapasitas 1 liter yang terbuat dari baja, pada temperatur 200°C . Dilakukan variasi waktu tinggal (60 menit, 90 menit dan 120 menit) dan resirkulasi produk cair sebanyak satu kali. Selanjutnya akan diukur parameter *mass yield* untuk melihat seberapa banyak persentase pengurangan volume sampah popok bayi sekali pakai dengan menggunakan proses hidrotermal karbonisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi hidrotermal karbonisasi mampu mengurangi volume sampah popok bayi rata-rata mencapai 74,06%. Prosentase pengurangan sampah tertinggi sebesar 76,36% (waktu tinggal 120 menit tanpa resirkulasi)

**Kata kunci:** hidrotermal karbonisasi, resirkulasi, popok, waktu tinggal

## 1. PENDAHULUAN

Sebanyak 71% ibu-ibu setuju bahwa popok bayi menjadi suatu kebutuhan popok dalam merawat bayi, terutama dalam rentang usia 0-3 tahun, di mana dalam sehari, satu bayi dapat menggunakan 6-8 popok (Diniah, 2020; Khoo dkk., 2019). Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh BPS Kota Bandung pada tahun 2021, jumlah bayi di Kota Bandung mencapai 181.378 jiwa, yang mana apabila diproyeksikan, maka Kota Bandung menghasilkan 1.451.024 popok per hari di tahun 2021.

Popok bayi sekali pakai mengandung *superabsorbent polymer* yang mana mampu meningkatkan kapasitas penyerapan, namun menyebabkan sampah popok membutuhkan waktu 500 tahun untuk terdegradasi sempurna di TPA (Elviliana dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi yang mampu mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya yang sedang banyak dilakukan oleh para peneliti adalah hidrotermal karbonisasi (Dewanti dkk., 2019).

Hidrotermal karbonisasi merupakan suatu proses termokimia yang melibatkan penggunaan air dalam kondisi subkritis, dengan suhu reaksi berkisar antara 180-500°C dan tekanan 10-300 bar. Dalam proses hidrotermal karbonisasi, terjadi beberapa reaksi diantaranya dehidrasi, polimerisasi, karbonisasi, dan aromatisasi yang mampu mengonversi sampah menjadi *hydrochar* (Ischia & Fiori, 2021). *Hydrochar* yang dihasilkan kemudian dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan baku briket, pupuk, adsorben, dan bahan baku untuk material karbon lanjutan (Ischia & Fiori, 2021; Tekin dkk., 2014).

Penggunaan air dalam jumlah besar selama proses berlangsung merupakan salah satu tantangan terbesar dari teknologi hidrotermal (Tekin dkk., 2014). Untuk meningkatkan efisiensi energi dan menghemat penggunaan air bersih, digunakan pendekatan berupa resirkulasi air, di mana produk cair yang dihasilkan dari proses hidrotermal karbonisasi digunakan kembali sebagai media air yang "panas" dengan tujuan mengurangi kebutuhan akan air bersih, juga meningkatkan efisiensi energi selama pengolahan berlangsung (Leng dkk., 2020; Munir dkk., 2018).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

#### a. Alat

Alat utama yang digunakan adalah reaktor berkapasitas 1 liter model SS-304 dengan diameter luar 10 cm, diameter dalam 8 cm, ketinggian 22 cm dan terbuat dari baja. Reaktor dilengkapi dengan *heater*, *thermocouple*, *pressure gauge*, dan *pressure valve*.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat

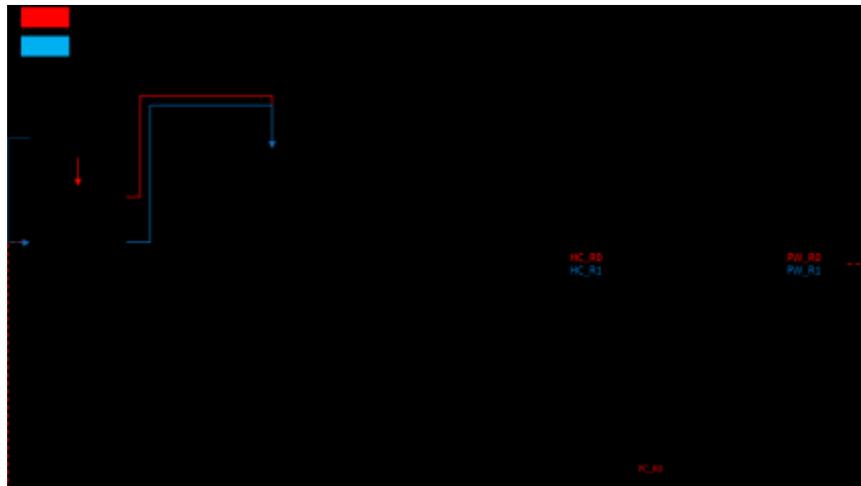
#### b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah popok bayi bekas yang diambil setelah 2-3 hari penggunaan, dipotong-potong menggunakan gunting hingga berukuran 2-3 cm. Popok yang telah dipotong kemudian dihomogenkan sebelum dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 100 gram. Media air yang digunakan berupa akuades sebanyak 200 mL.

## 2.2 Metode

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah penimbangan sampah popok bayi sebanyak 100 gram disesuaikan dengan penelitian Budyk dan Fullana (2019), kemudian dimasukkan ke dalam reaktor dan ditambahkan akuades sebanyak 200 mL. Perbandingan rasio massa sampah dan air yang digunakan adalah 1:2 berdasarkan pada penelitian (Djaenudin dkk., 2021). Kemudian reaktor dipanaskan menggunakan *heater* dan temperatur diatur pada 200°C dan dinyalakan selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mawaddah & Putra pada tahun 2022. Setelah proses selesai, reaktor didinginkan hingga tekanan < 10 bar dan katup gas dibuka. Kemudian, produk padat dan produk cair dipisahkan menggunakan kain blacu. Produk cair yang didapatkan diukur volumenya, kemudian digunakan untuk percobaan selanjutnya, sedangkan produk padat (*hydrochar*) dikeringkan menggunakan sinar matahari guna mengurangi kadar air di dalamnya. Sampel dari proses ini diberi tanda "0".

Untuk percobaan selanjutnya, berat sampah yang digunakan sebanyak 100 gram, sesuai dengan sampel "0" dengan media air menggunakan produk cair yang telah didapatkan dari proses "0" sebanyak 200 mL, dan ditambahkan menggunakan akuades hingga 200 mL apabila kurang. Kemudian, proses dilanjutkan dan hasil dari sampel ini diberi tanda "1".



**Gambar 2. Diagram Alir Pengambilan Sampel**

*Hydrochar* yang didapatkan kemudian ditimbang berat dan dihitung *mass yield*-nya guna melihat seberapa besar prosentase pengurangan volume sampah yang terjadi setelah dilakukan pengolahan dengan temperatur dan waktu tinggal yang telah ditentukan, juga dengan pemberian perlakuan resirkulasi. Menurut Munir dkk (2018), salah satu tujuan dari hidrotermal karbonisasi adalah pengurangan berat dari bahan baku yang terolah.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil dari berat *hydrochar* dan *mass yield* yang didapatkan dari hidrotermal karbonisasi sampah popok.

**Tabel 1. Berat dan Mass Yield Hydrochar**

No.	Temperatur	Waktu Tinggal (menit)	Resirkulasi	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Mass Yield (%)	Persentase Pengurangan (%)
1.	200°C	60 menit	Tanpa Resirkulasi (0)	100,06	26,74	26,72	73,28
2.		90 menit		100,12	25,01	24,98	75,02
3.		120 menit		100,05	23,65	23,64	76,36
4.		60 menit	Resirkulasi 1 kali (1)	100,07	28,04	28,02	71,98
5.		90 menit		100,21	27,32	27,26	72,74
6.		120 menit		100,19	25,09	25,04	74,96
<b>RATA-RATA</b>						<b>26,12</b>	<b>74,06</b>

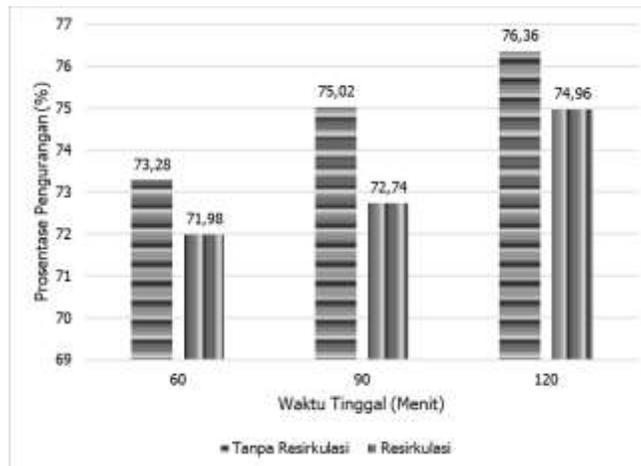
Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung persentase *mass yield* menurut Putra dkk (2020).

$$MY = \frac{\text{Massa Hydrochar}}{\text{Massa Bahan Baku Awal}} \times 100\%$$

Nilai *mass yield* dihitung guna mendapatkan persen hasil reaksi. Nilai 26,72% menggambarkan persentase *hydrochar* yang dihasilkan, dan nilai 73,28% menggambarkan persentase pengurangannya. Perhitungan persentase pengurangan dapat dilihat pada rumus berikut.

$$\text{Persentase Pengurangan} = 100\% - MY$$

Berikut grafik penurunan prosentase pengurangan yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3. Grafik Penurunan Mass Yield**

Grafik pada Gambar 3. menunjukkan penurunan *mass yield* yang terjadi seiring dengan kenaikan waktu tinggal. Prosentase pengurangan tertinggi dimiliki oleh sampel 200\_120 tanpa perlakuan resirkulasi sebesar 76,36% dan prosentase terendah dimiliki oleh sampel 200\_60 dengan perlakuan resirkulasi sebesar 71,98%.

Prosentase pengurangan sebesar 71,98% menandakan bahwa proses hidrotermal karbonisasi mampu mengurangi berat sampah popok sebesar prosentase tersebut dan menghasilkan nilai *mass yield* sebesar 28,02%. Tidak ada standar tertentu yang mengatur nilai maksimum atau minimum yang perlu dipenuhi untuk prosentase pengurangan. Namun, apabila bertujuan untuk mengurangi volume sampah tanpa ada tujuan untuk memanfaatkan *hydrochar*, maka semakin besar prosentase pengurangan, akan semakin baik (Ischia & Fiori, 2021).

Dapat dilihat pada **Tabel 1**, penurunan prosentase pengurangan dari 73,28% pada sampel tanpa perlakuan resirkulasi menjadi 71,98% pada sampel dengan perlakuan resirkulasi menunjukkan adanya reaksi yang terjadi yang menyebabkan penambahan massa *hydrochar* yang kemudian meningkatkan nilai *mass yield*. Menurut penelitian Picone dkk (2021), media air yang digunakan selama proses hidrotermal berada dalam kondisi subkritis yang bereaksi dengan bahan baku, menghasilkan senyawa-senyawa rantai pendek (monomer), kemudian mengalami dehidrasi menghasilkan asam organik yang nantinya akan terakumulasi melalui proses resirkulasi dan mengkatalis reaksi aromatisasi, membentuk lapisan *hydrochar* baru dan meningkatkan berat *hydrochar* dan kemudian menurunkan nilai prosentase pengurangan (Ischia & Fiori, 2021).

Menurut Pauline & Joseph (2020), waktu tinggal merupakan salah satu parameter kondisi yang penting selama proses hidrotermal karbonisasi berlangsung. Semakin lama waktu tinggal yang digunakan, semakin lama proses hidrotermal karbonisasi berlangsung, memungkinkan sampah yang terolah lebih banyak dibandingkan waktu tinggal yang lebih sebentar. Pemanfaatan *hydrochar* sampah popok yang paling umum digunakan adalah menjadi bahan baku briket (Budyk & Fullana, 2019) dan sebagai bahan baku *paving block* yang masih memerlukan penelitian lanjutan dikarenakan masih belum memenuhi uji kuat tekan dan daya serap air (Mawaddah & Putra, 2022)

#### 4. KESIMPULAN

Teknologi hidrotermal karbonisasi mampu mengolah sampah popok bayi dan menurunkan volume sampah rata-rata mencapai 74,06% pada temperatur 200°C dengan waktu tinggal 60, 90, dan 120 menit. Dengan tujuan pengurangan volume sampah, hasil terbaik didapatkan oleh sampel dengan waktu tinggal 120 menit, tanpa perlakuan resirkulasi sebesar 76,36%. Pemberian perlakuan resirkulasi menyebabkan peningkatan *mass yield*, namun mampu menghemat jumlah air bersih yang digunakan selama percobaan berlangsung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Institut Teknologi Nasional Bandung (ITENAS) atas dukungan pengetahuan, waktu, arahan, panduan, dan masukan selama penulis mengerjakan penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

Budyk, Y., & Fullana, A. (2019). Hydrothermal carbonization of disposable diapers. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103341>

- Catalkopru, A. K., Kantarli, I. C., & Yanik, J. (2017). Effects of spent liquor recirculation in hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, 226, 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.015>
- Dewanti, D. P., Hanif, M., & Nugroho, R. (2019). *Teknologi Hidrotermal Sebagai Solusi Cepat Pengolahan Sampah Organik Menjadi Pupuk: Hydrothermal Technology as A Fast Solution for Processing Organic Waste into Fertilizer*.
- Diniah, B. N. (2020). HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PENGETAHUAN DAN KEBIJAKAN PENGELOLAAN SAMPAH POPOK SEKALI PAKAI DENGAN JUMLAH TIMBULAN SAMPAH YANG DIHASILKAN PADA ANAK DI BAWAH 3 TAHUN (BATITA). *Journal of Public Health Innovation*, 10(1), 60–71.
- Djaenudin, Permana, D., Ependi, M., & Putra, H. E. (2021). Experimental Studies on Hydrothermal Treatment of Municipal Solid Waste for Solid Fuel Production. *Journal of Ecological Engineering*, 22(9), 208–215. <https://doi.org/10.12911/22998993/141588>
- Elviliana, Saputra, B. Y. R. D., Fahira, A., & Suhartini, S. (2020). Sterilisation technology for disposable diapers waste using double jacket and centrifugal speed principles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 475(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/475/1/012070>
- Ischia, G., & Fiori, L. (2021). Hydrothermal Carbonization of Organic Waste and Biomass: A Review on Process, Reactor, and Plant Modeling. Dalam *Waste and Biomass Valorization* (Vol. 12, Nomor 6, hlm. 2797–2824). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01255-3>
- Khoo, S. C., Phang, X. Y., Ng, C. M., Lim, K. L., Lam, S. S., & Ma, N. L. (2019). Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers. Dalam *Process Safety and Environmental Protection* (Vol. 123, hlm. 116–129). Institution of Chemical Engineers. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.016>
- Leng, S., Leng, L., Chen, L., Chen, J., Chen, J., & Zhou, W. (2020). The effect of aqueous phase recirculation on hydrothermal liquefaction/carbonization of biomass: A review. Dalam *Bioresource Technology* (Vol. 318). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124081>
- Mawaddah, N., & Putra, F. R. A. (2022). Identification of Waste Processing Methods in Bersinar Waste Bank Bandung, West Java. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 6(1), 181–188. <https://doi.org/10.26554/ijems.2022.6.1.181-188>
- Munir, M. T., Mansouri, S. S., Udugama, I. A., Baroutian, S., Gernaey, K. V., & Young, B. R. (2018). Resource recovery from organic solid waste using hydrothermal processing: Opportunities and challenges. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 96, hlm. 64–75). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.039>
- Pauline, A. L., & Joseph, K. (2020). Hydrothermal carbonization of organic wastes to carbonaceous solid fuel – A review of mechanisms and process parameters. Dalam *Fuel* (Vol. 279). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118472>
- Picone, A., Volpe, M., & Messineo, A. (2021). Process water recirculation during hydrothermal carbonization of waste biomass: Current knowledge and challenges. *Energies*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/en14102962>
- Putra, H. E., Damanhuri, E., Dewi, K., & Pasek, A. D. (2020). Hydrothermal treatment of municipal solid waste into coal-like fuel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483, 1–9.

Tekin, K., Karagöz, S., & Bektaş, S. (2014). A review of hydrothermal biomass processing. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 40, hlm. 673–687). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.216>