

SELEKSI PROSES DAN PENENTUAN KAPASITAS PABRIK KARBON AKTIF DARI SERBUK GERGAJI KAYU

Dewi Rifia Zalsabitha dan Ari Susanti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
dewirifiazalsabitha@gmail.com ; ari.susanti@polinema.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam berupa kayu, hal tersebut mendorong munculnya banyak industri pengolahan kayu. Dengan banyaknya industri pengolahan kayu, limbah yang dihasilkan dari pengolahan tersebut juga semakin banyak. Saat ini, pengolahan limbah serbuk gergaji kayu belum maksimal dilakukan dan hanya akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu yaitu sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Karbon aktif dari serbuk gergaji kayu dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat pencemar pada limbah. Tujuan studi literatur ini yaitu menentukan seleksi proses dan kapasitas pabrik untuk mengetahui proses terbaik agar pabrik yang didirikan tidak mengalami kerugian. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode *grading* untuk menentukan seleksi proses dan perhitungan pertumbuhan rata-rata untuk menentukan kapasitas pabrik. Berdasarkan metode *grading*, karbon aktif dengan proses pembakaran pirolisis serta aktivasi menggunakan aktivator kimia merupakan pilihan terbaik karena lebih ekonomis serta efisien. Sedangkan untuk perhitungan kapasitas pabrik didapatkan hasil sebesar 8.100 ton/tahun.

Kata kunci: adsorben, aktivator kimia, karbon aktif, pirolisis, serbuk gergaji kayu

ABSTRACT

Indonesia has a wealth of wood-based natural resource, which has fueled the growth of numerous wood-processing enterprises. The amount of waste produced by the numerous wood processing firms is likewise rising. Waste wood sawdust processing is currently underutilized and merely pollutes the environment. Waste sawdust is used as a starting point for the production of activated carbon, among other things. Waste pollutants can be removed using an adsorbent made of activated carbon from sawdust. The goal of this literature review is to identify the optimal process so that the existing factory does not suffer losses by evaluating process selection and factory capacity. The grading method is the research technique used to decide on the factory capacity. Based on the grading technique, the most effective and cost effective option is activated carbon that has undergone pyrolysis combustion and activation using a chemical activator. The output of the factory's capacity calculation is 8.100 tons/year.

Keywords: adsorbent, chemical activator, pyrolysis, sawdust

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satunya berupa kayu. Hal tersebut mendorong munculnya banyak usaha pengolahan kayu seperti untuk bahan bangunan, dekorasi, furnitur serta lainnya. Seiring dengan meningkatnya usaha pengolahan kayu, maka limbah yang dihasilkan juga semakin banyak. Besarnya limbah yang

dihasilkan rata-rata pertahun sebesar 40,48% dari volume total hasil pengolahan kayu, dengan rincian sebetan 22,32%, potongan kayu 9,39% dan serbuk gergaji 8,77% [1].

Dengan banyaknya limbah serbuk gergaji kayu yang dihasilkan, diperlukan pengolahan yang tepat. Untuk saat ini, limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan kayu masih jarang dimanfaatkan dan hanya menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah serbuk gergaji kayu termasuk dalam limbah organik, jika limbah kayu diolah dengan cara pembakaran maka menimbulkan asap dan emisi CO₂ yang dapat membahayakan lingkungan [2].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sa'diyah dkk (2021), salah satu alternatif pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu yaitu dengan mengolahnya menjadi bahan baku karbon aktif. Hal tersebut karena pada kayu mengandung selulosa dan lignin yang dapat mengikat ion logam berat [3]. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang telah ditingkatkan adsorpsinya dengan melakukan proses pembakaran dan aktivasi [4]. Adsorpsi adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar atau limbah dalam air, dengan cara molekul dapat menempel pada permukaan adsorben [5]. Adsorben dari karbon aktif banyak digunakan untuk menghilangkan berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri [6]. Umumnya, karbon aktif dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintesis dan limbah karbon [7].

Pada tahun 2021, kebutuhan karbon aktif di Indonesia mencapai 30.051 ton/tahun. Sedangkan produksi karbon aktif mencapai 30,161 ton/tahun dan jumlah ekspor karbon aktif sebanyak 11.834 ton/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa industri karbon aktif yang ada di Indonesia cukup berkembang pesat namun belum maksimal [8]. Maka, dengan itu perlu didirikan pabrik karbon aktif dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan karbon aktif dalam negeri serta menekan kebutuhan impor dari luar negeri.

Pada perancangan suatu pabrik, perlu mempertimbangkan beberapa aspek, seperti seleksi proses dan penentuan kapasitas pabrik. Hal tersebut dilakukan agar dapat mengetahui proses yang terbaik dan pabrik yang akan didirikan tidak mengalami kerugian. Kapasitas produksi perlu diperhitungkan dengan tepat agar dapat membantu mencukupi kebutuhan produk [9]. Seleksi proses digunakan agar mengetahui proses yang paling baik untuk digunakan agar pabrik berjalan dengan maksimal [10]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Winata dkk (2020), proses pirolisis dengan menggunakan aktivasi kimia merupakan proses yang lebih baik daripada menggunakan aktivasi fisika, karena suhu operasi yang digunakan lebih rendah daripada aktivasi fisika, aktivator kimia lebih mudah didapat, serta proses aktivasi kimia lebih mudah dilakukan [8].

Tujuan dari studi literatur ini yaitu menentukan seleksi proses dan kapasitas pabrik untuk mengetahui proses terbaik, agar pabrik karbon aktif dari serbuk gergaji kayu yang akan didirikan tidak mengalami kerugian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan yaitu metode *grading* untuk menentukan seleksi proses dan perhitungan pertumbuhan rata-rata untuk menentukan kapasitas pabrik. Pada seleksi proses akan membandingkan data yang telah didapatkan melalui studi literatur dan akan

dipilih yang lebih baik. Sedangkan untuk perhitungan kapasitas dihitung menggunakan data ekspor dan impor karbon aktif yang ada di Indonesia selama 5 tahun terakhir.

2.1. Seleksi Proses

Seleksi proses merupakan suatu pengembangan proses yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dari bahan baku yang mencakup serangkaian keputusan mengenai tipe atau jenis proses produksi dan peralatan tertentu yang digunakan [11]. Seleksi proses dilakukan dengan menggunakan data dari penelitian terdahulu, kemudian dipilih proses yang paling baik diantara data yang didapatkan [12].

Data yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2017-2021. Pada seleksi proses terdapat 2 hal yang akan diseleksi, yaitu pemilihan proses serta jenis aktivasi yang akan digunakan.

2.2. Penentuan Kapasitas

Penentuan kapasitas produksi pabrik dilakukan dengan perhitungan estimasi kapasitas produksi dari suatu pabrik yang akan berdiri pada tahun tertentu dengan acuan data yang sudah ada [13]. Penentuan kapasitas dilakukan dengan menghitung kenaikan setiap tahun kemudian dirata-rata untuk pertumbuhan setiap tahunnya menggunakan perhitungan metode linier dengan Persamaan (1) sebagai berikut [11]:

$$i = \frac{\sum P}{n} \quad (1)$$

Dimana:

- i : Pertumbuhan rata-rata per tahun
- P : Persen pertumbuhan per tahun
- n : Jumlah data persen pertumbuhan

Tabel 1. Data ekspor dan impor karbon aktif di Indonesia tahun 2017-2021

| Tahun | Jumlah (ton/tahun) | | %P | |
|-------|--------------------|----------|---------|---------|
| | Ekspor | Impor | Ekspor | Impor |
| 2017 | 20076,25 | 13181,2 | 0 | 0 |
| 2018 | 27692,61 | 11860,85 | 37,94% | -10,02% |
| 2019 | 28708,07 | 12480,95 | 3,67% | 5,23% |
| 2020 | 27613,93 | 10858,01 | -3,81% | -13,00% |
| 2021 | 23811,76 | 13891,49 | -13,77% | 27,94% |
| | Total ($\sum P$) | | 24,02% | 10,15% |
| | I | | 6,01% | 2,54% |

Dikarenakan perhitungan menggunakan metode interpolasi tidak memungkinkan akibat data yang tersedia tidak memenuhi kriteria dari rumus linier, maka digunakan metode perhitungan pertumbuhan rata-rata pertahun sesuai dengan Persamaan (2) dan (3) sebagai berikut:

$$m = P \times (1 + i)^n \quad (2)$$

$$m_3 = (m_5 + m_4) - (m_2 + m_1) \quad (3)$$

Dimana:

- m : nilai pada tahun ke-n
- p : nilai pada tahun terakhir pada data sebelumnya
- n : selisih tahun
- i : persen pertumbuhan rata-rata

- m_1 : data impor
 m_2 : data produksi
 m_3 : data produksi pabrik baru
 m_4 : data ekspor
 m_5 : data konsumsi

Didapatkan hasil peluang kapasitas berdasarkan prediksi data impor dan ekspor sebesar 13389,42 ton/tahun. Karena telah terdapat pabrik yang memproduksi karbon aktif, maka kapasitas pabrik baru harus memenuhi 60% dari peluang kapasitas pabrik baru, sehingga didapat hasil kapasitas pabrik 8.100 ton/tahun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Seleksi Proses

Seleksi proses dilakukan dengan metode *grading* atau memberikan skor pada tiap aspek yang ada. Pada seleksi proses yang akan diseleksi yaitu pemilihan proses dan pemilihan jenis aktivator yang akan digunakan.

Tabel 2. Pemilihan proses pembuatan karbon aktif

| No | Parameter | Pirolisis | Grade | Karbonasi | Grade |
|--------------|-------------|-------------|------------|-----------------|------------|
| 1 | Suhu | 325 °C [14] | 80 | 400-600 °C [15] | 70 |
| 2 | Waktu | 4 jam [16] | 70 | 2 jam [17] | 80 |
| 3 | Nilai Kalor | Besar | 80 | Kecil [16] | 70 |
| Total | | | 230 | | 220 |

* Keterangan *range score*:

- < 60 : Buruk
 61-70 : Kurang
 71-80 : Cukup
 81-90 : Baik
 91-100 : Sangat baik

Berdasarkan Tabel 2, proses pirolisis dipilih dengan berbagai kelebihan. Pada pirolisis suhu yang digunakan lebih rendah dibandingkan karbonasi sehingga dapat menghemat bahan bakar dan dapat menghemat energi panas [15]. Waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran juga lebih cepat jika dibandingkan dengan pirolisis yang mengakibatkan proses produksi akan lebih cepat selesai [16]. Untuk nilai kalor yang dihasilkan, pada proses pirolisis didapatkan nilai kalor yang lebih besar dibandingkan karbonasi [17].

Tabel 3. Pemilihan jenis aktivasi karbon aktif

| No | Parameter | Macam-macam proses | | | |
|--------------|------------------------|--------------------|------------|-----------------|------------|
| | | Aktivasi Kimia | Grade | Aktivasi Fisika | Grade |
| 1 | Aspek Teknis | | | | |
| | Kondisi Proses | | | | |
| | Yield (%) | Cukup besar [17] | 85 | Besar | 75 |
| | Waktu (jam) | 3-5 | 90 | 24 [18] | 75 |
| 2 | Kondisi Operasi | | | | |
| | Suhu (°C) | 650 C [19] | 90 | 800 C [20] | 85 |
| | Tekanan (atm) | 1 | 90 | 1 | 90 |
| Total | | | 335 | | 325 |

* Keterangan *range score*:

< 60 : Buruk

61-70 : Kurang

71-80 : Cukup

81-90 : Baik

91-100 : Sangat baik

Berdasarkan Tabel 3, jika ditinjau dari aspek teknis, metode aktivasi kimia menghasilkan yield yang lebih besar daripada aktivasi fisika [17]. Suhu yang digunakan pada aktivasi kimia lebih rendah jika dibanding dengan aktivasi fisika, dan tekanan yang digunakan adalah 1 atm [20]. Waktu yang dibutuhkan untuk aktivasi kimia adalah 3-5 jam, sedangkan pada aktivasi fisika membutuhkan waktu operasi selama 24 jam [18].

Berdasarkan hasil seleksi proses, metode pembuatan larbon aktif dari serbuk gergaji kayu yang paling baik dan mudah diterapkan adalah proses aktivasi kimia. Hal ini dikarenakan proses aktivasi kimia lebih efektif dan efisien dibanding aktivasi kimia.

3.2. Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi merupakan langkah yang harus dilakukan sebelum mendirikan pabrik [21]. Berdasarkan perhitungan kapasitas pabrik dengan menggunakan bantuan data ekspor dan impor karbon aktif. Maka kapasitas pabrik yang didapat yaitu 8.100 ton/tahun. Penentuan kapasitas pabrik bertujuan agar kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan sesuai dengan kebutuhan konsumsi masyarakat dan tidak mengalami kerugian.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan metode *grading* yang telah dilakukan untuk menentukan seleksi proses, proses pirolisis dipilih pada pembuatan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu dengan pertimbangan lebih efisien serta ekonomis jika dibandingkan dengan proses karbonasi. Berdasarkan perhitungan pertumbuhan rata-rata, kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2024 ialah 8.100 ton/tahun.

Saran yang dapat dilakukan pada studi literatur selanjutnya yaitu pada penentuan kapasitas pabrik, lebih baik jika data yang didapat tidak hanya impor dan ekspor, namun juga produksi serta konsumsi, sehingga hasil yang didapatkan akan semakin akurat.

REFERENSI

- [1] D. Purwanto, "Analisa Jenis Limbah Kayu pada Industri Pengolahan Kayu di Kalimantan Selatan," *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 1, no. 1, hlm. 14–20, 2009, Diakses: 1 Mei 2023.
- [2] R. Astuti, K. Wardani, D. Jumiati, dan S. Puspita, "Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu sebagai Media Tanam Jamur dan Kain Perca untuk Bahan Baku dalam Packaging Fung-Cube Utilization of Waste Wood Saws as Mushroom Planting Media and Patchwork to Material in Packaging Fung-Cube," *Proceeding Biology Education Conference*, vol. 14, no. 1, 2017.
- [3] K. Sa'diyah, P. H. Suharti, N. Hendrawati, F. A. Pratamasari, dan O. M. Rahayu, "Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu sebagai Karbon Aktif melalui Proses Pirolisis dan

- Aktivasi Kimia,” *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, vol. 4, no. 2, hlm. 91–99, 2021, doi: 10.25273/CHEESA.V4I2.8589.91-99.
- [4] S. Gunawan, H. Hasan, R. Dini, dan W. Lubis, “Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor,” *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 1, hlm. 38–47, 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i1.4527.
- [5] E. Erawati dan A. Fernando, “Pengaruh Jenis Aktivator dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*),” *Distilat*, vol. 7, no. 2, hlm. 58–66, 2018, doi: 10.36055/JIP.V7I2.3808.
- [6] K. M. Doke dan E. M. Khan, “Equilibrium, Kinetic and Diffusion Mechanism of Cr (VI) Adsorption onto Activated Carbon Derived from Wood Apple Shell,” *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10, hlm. S252–S260, 2017, doi: 10.1016/J.ARABJC.2012.07.031.
- [7] J. Rizhikovs, J. Zandersons, B. Spince, G. Dobeles, dan E. Jakab, “Preparation of Granular Activated Carbon from Hydrothermally Treated and Pelletized Deciduous Wood,” *J Anal Appl Pyrolysis*, vol. 93, hlm. 68–76, 2012, doi: 10.1016/J.JAAP.2011.09.009.
- [8] B. Y. Winata, N. K. Erliyanti, R. R. Yogaswara, dan E. A. Saputro, “Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktivasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, hlm. F399–F404, 2020.
- [9] I. R. Hutagalung, A. Jabbar, M. Rambe, dan Nazlina, “Perencanaan Kebutuhan Kapasitas Produksi Pada PT XYZ,” *Jurnal Teknik Industri FT USU*, vol. 2, no. 1, hlm. 15–23, 2013.
- [10] D. H. Astuti, M. Fathoni, dan B. P. Pratama, “Etanol Gel sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 11, no. 1, hlm. 20-23, 2016.
- [11] E. B. A. Wijaya dan A. S. Suryandari, “Seleksi Proses dan Penentuan Kapasitas Produksi Industri Sabun Cair berbahan Baku Crude Palm Oil (CPO),” *Distilat*, vol. 7, no. 2, hlm. 127–132, 2021.
- [12] A. Choirunnisa dan A. Mustain, “Penentuan Kapasitas Produksi dan Seleksi Proses Pra Rancangan Pabrik Kimia Bioetanol Gel Kapasitas 5000 ton/tahun,” *Distilat*, vol. 8, no. 1, hlm. 86–93, 2022.
- [13] M. F. Widiono dan N. Hendrawati, “Seleksi Proses dan Penentuan Kapasitas Pabrik Kimia Pembuatan Yogurt dari Bahan Baku Kedelai,” *Distilat*, vol. 7, no. 2, hlm. 664–670, 2021.
- [14] K. L. D. Lestari, R. D. Ratnani, dan N. Kholis, “Pengaruh Waktu dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah dengan Suhu Tinggi secara Pirolisis,” *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, vol. 2, no. 1, hlm. 32–38, 2017, doi: 10.31942/INTEKA.V2I1.1739.
- [15] K. Ridhuan dan J. Suranto, “Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonasi pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori,” *TURBO: Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 5, no. 1, hlm. 50–56, 2016.
- [16] H. Nurdiansyah dan D. Susanti, “Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC),” *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 2, no. 1, hlm. F13-F-18, 2013.

- [17] S. Jamilatun, S. Salamah, dan I. D. Isparulita, "Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan pengaktivasi H₂SO₄ Variasi Suhu dan Waktu," *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, vol. 2, no. 1, hlm. 13–19, 2015, doi: 10.26555/CHEMICA.V2I1.4562.
- [18] F. Aryani dan F. Mardiana, "Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L)," *Indonesian Journal of Laboratory*, vol. 1, no. 2, hlm. 16–20, 2019, doi: 10.22146/IJL.V1I2.44743.
- [19] L. Efiyanti, S. A. Wati, dan M. Maslahat, "Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika," *Jurnal Ilmu Kehutanan*, vol. 14, no. 1, hlm. 94–108, 2020, doi: 10.22146/JIK.57479.
- [20] A. Nurhadiansyah, I. D. Faryuni, dan B. P. Lapanporo, "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Serbuk Kayu Bengkirai sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut," *PRISMA FISIKA*, vol. 6, no. 2, hlm. 124–128, 2018, doi: 10.26418/PF.V6I2.26529.
- [21] F. P. Putri, D. Ernia, dan N. Dewi, "Seleksi Proses dan Penentuan Kapasitas Pabrik pada Pra Rancangan Pabrik Bubuk Kaldu Jamur Tiram," *Distilat*, vol. 8, no. 3, hlm. 502–508, 2022.