

DEKOLORISASI GULA TEBU MENTAH DENGAN METODE ADSORPSI MENGUNAKAN KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI

Haryono^{*}, Solihudin, Irwan Kurnia

*Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,
Sumedang, Indonesia*

**Penulis korespondensi: haryono@unpad.ac.id*

ABSTRAK

Salah satu tahap pengolahan gula tebu mentah menjadi gula kristal putih atau gula rafinasi adalah tahap dekolorisasi. Tahap dekolorisasi gula tebu mentah umumnya dilakukan dengan proses adsorpsi terhadap senyawa-senyawa kimia penyebab warna yang tidak diinginkan pada gula kristal putih atau gula rafinasi oleh suatu adsorben. Karbon aktif dari sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif untuk keperluan dekolorisasi tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh kadar karbon aktif dari sekam padi dan lama waktu adsorpsi terhadap kualitas larutan gula tebu pada proses dekolorisasi gula tebu mentah. Tahap penelitian terdiri dari karbonisasi sekam padi, pemurnian arang sekam dengan ekstraksi, aktivasi karbon dari arang sekam dengan kalsinasi, karakterisasi karbon aktif sekam padi, dan pengujian kinerja karbon aktif sekam padi sebagai adsorben pada dekolorisasi gula tebu mentah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dipreparasi dari sekam padi memiliki bilangan iodin, bilangan metilen biru, luas permukaan spesifik, volume mikropori spesifik, dan volume total pori spesifik berturut-turut sebesar 225,64 mg/g, 0,84 mg/g, 305 m²/g, 0,09 cm³/g, dan 0,16 cm³/g. Sedangkan kondisi dekolorisasi terbaik dicapai pada penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dengan kadar 1,2% dan waktu adsorpsi selama 4 jam. Kualitas gula tebu mengalami peningkatan setelah dilakukan tahap dekolorisasi dengan karbon aktif dari sekam padi pada kondisi adsorpsi tersebut.

Kata kunci: adsorpsi, dekolorisasi, gula tebu, karbon aktif, sekam padi

1 PENDAHULUAN

Gula tebu banyak dibutuhkan oleh berbagai sektor, seperti rumah tangga, industri makanan dan minuman, kuliner, dan perhotelan. Oleh karena itu, kebutuhan domestik gula di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Akibatnya, penyediaan gula oleh industri gula nasional harus ditutupi dengan melakukan impor gula. Realisasi impor gula tahun 2024 mencapai 5,31 juta ton atau naik 4,81% dibandingkan dengan tahun sebelumnya (Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2025). Sementara itu, produksi gula nasional hingga akhir giling tebu 2024 mencapai 2,46 juta ton (PTPN, 2025). Dengan demikian, nilai gula impor masih mendominasi produksi gula nasional dalam upaya pemenuhan kebutuhan gula domestik. Komoditas impor gula untuk memenuhi kekurangan kebutuhan gula nasional tersebut diimpor dalam bentuk gula mentah (*raw sugar*). Pada rentang tahun 2019-2023, Indonesia menempati urutan pertama sebagai negara pengimpor gula mentah, atau sekitar 12,86% dari total volume gula mentah impor, kemudian disusul oleh China dan Amerika Serikat dengan kontribusi impor masing-masing sebesar 11,67% dan 5,86% (Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2025).

Gula mentah merupakan gula kristal berkualitas paling rendah (gula kristal mentah). Pemrosesan lanjut terhadap gula mentah, berdasarkan laporan Komisi Pengawas Persaingan Usaha Republik Indonesia atau KPPU RI (2010), akan diperoleh gula kristal putih (jenis gula

kristal dari tebu untuk konsumsi langsung masyarakat) atau gula rafinasi (jenis gula kristal dari tebu untuk kebutuhan industri). Salah satu parameter kualitas untuk membedakan antara ketiga jenis gula kristal tersebut adalah warna larutan. Gula kristal mentah memiliki warna larutan (ICUMSA, *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*) paling besar, sehingga warna larutannya paling tua/gelap, yaitu dengan nilai 600–1200 IU, *International Unit* (SNI 01-3140.1-2001; KPPU RI, 2010). Kemudian gula kristal putih memiliki ICUMSA 250–450 IU, dengan pengelompokan: gula kristal putih 1 dengan ICUMSA 250 IU, gula kristal putih 2 dengan ICUMSA 250–350 IU, dan gula kristal putih 3 dengan ICUMSA 350–450 IU (KPPU RI, 2010). Sedangkan gula kristal rafinasi memiliki ICUMSA <45 IU untuk kualitas 1 dan ICUMSA 46–80 IU untuk kualitas 2 (KPPU RI, 2010). Sehubungan dengan kadar gula reduksi, SNI tentang gula hanya mengatur syarat kualitas untuk gula kristal rafinasi, yaitu maksimal 0,04% (SNI 01-3140.2-2006).

Gula mentah merupakan jenis gula berbentuk kristal dengan warna coklat muda yang mengandung sekitar 96-99% sukrosa dan sejumlah kecil molase (Dumitrescu, 2021). Gula mentah diperoleh dari tebu melalui proses ekstraksi dan pemurnian. Warna coklat muda pada gula mentah diakibatkan oleh tahap pemurnian yang lebih sedikit tahapannya dibandingkan dengan proses untuk memperoleh gula pasir dan rafinasi, sehingga mengandung lebih banyak molase alami dari tebu. Oleh karena itu gula mentah tergolong sebagai gula dengan kualitas rendah. Tahapan umum pada proses pengolahan gula mentah menjadi gula kristal putih atau gula rafinasi meliputi proses pelarutan, pemurnian, pemekatan, dan kristalisasi (Cortes, 2007). Pada tahap pemurnian berbagai jenis bahan pemurni dapat digunakan, seperti resin penukar ion, hidrogen peroksida, ozon, dan zeolit (Cortes, 2007; Manocha, 2003). Pemakaian hidrogen peroksida sebagai bahan untuk pemurnian gula mentah tentunya sangat berisiko terhadap kesehatan. Yang & Liu (2021) melaporkan bahwa keracunan hidrogen peroksida dapat menyebabkan infark atau hambatan darah ke otak sehingga jaringan otak akan kekurangan oksigen dan nutrisi, serta mengkonsumsinya dapat merusak saluran pencernaan bagian atas. Sedangkan ozon, menurut Gao *et al.* (2025) dapat mengakibatkan permasalahan kesehatan, seperti batuk dan sakit tenggorokan, kerusakan saluran pernafasan, paru-paru lebih rentan terhadap infeksi, memperparah penyakit pada paru-paru (asma, emfisema, dan bronchitis kronis), dan berkorelasi dengan penyakit kardiovaskuler. Resin penukar ion umumnya relatif mahal, dan zeolit merupakan sumber daya alam tak terbarukan. Bahan alternatif sebagai material untuk pemurnian gula mentah adalah karbon aktif dari sekam padi.

Sekam padi terdapat sekitar 20% dari berat padi sebelum digiling. Pada sekam padi mengandung sekitar 25-35% selulosa, 18-21% hemiselulosa, 26-31 % lignin, 15-17% silika, dan sisanya berupa bahan terlarut serta air (Morimoto *et al.*, 2023). Sekam padi memiliki sifat fisiokimia dan biokimia yang unik sehingga menjadikannya sebagai bahan baku yang tepat untuk pembuatan karbon aktif (Liou & Wu, 2009). Selama pembentukan arang, lignin merupakan bagian utama yang berperan penting (Suhas *et al.*, 2007), sedangkan selulosa dan hemiselulosa berkorelasi dengan perolehan karbon yang rendah (Correa *et al.*, 2017). Namun demikian, secara umum sifat sekam padi bervariasi, bergantung pada beberapa faktor, termasuk lokasi geologi, varietas atau jenis padi, metode budidaya, dan pupuk yang digunakan dalam pertumbuhan padi (Alam *et al.*, 2020). Karena sifat sekam padi relatif bervariasi, maka karakteristik dari karbon aktif juga akan bervariasi, bergantung juga pada metode preparasi dan aktivasinya (Chen *et al.*, 2011). Karbon aktif dari biomassa, seperti misalnya sekam padi, telah dilaporkan memiliki kemampuan sebagai adsorben atau material penjerap berbagai kontaminan, seperti zat warna, senyawa fenol dan organik, surfaktan, pestisida, anion anorganik, dan logam berat (Alam *et al.*, 2020).

Kemampuan atau kinerja karbon aktif dari sekam padi sebagai material untuk pemurnian gula mentah dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik faktor yang terkait dengan karakteristik karbon aktif itu sendiri, maupun kondisi operasi pada saat pemurnian. Penelitian ini bertujuan

mensintesis karbon aktif dari sekam padi, mengkarakterisasi karbon aktif yang telah diperoleh, kemudian mempelajari pengaruh kadar karbon aktif dari sekam padi dan lama waktu adsorpsi terhadap kualitas larutan gula tebu pada proses dekolorisasi gula tebu mentah.

2 METODE

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

2.1.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian terdiri dari: *muffle furnace* atau tanur (Thermolyne FB1310M-33, 100–1100 °C), bejana adsorpsi (Erlenmeyer, Pyrex), *orbital shaker* (DLab SK-O330 Pro, 100–500 rpm) berpenangas air, mortar, alat pengayak, corong Buchner, pompa *vacuum*, seperangkat alat gelas untuk aktivasi kimia dan titrasi (Pyrex), oven, neraca analitis (Mettler Toledo), pH meter, dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S UV-Vis).

2.1.2 Bahan Penelitian

Biomassa sebagai bahan baku preparasi karbon aktif berupa sekam padi (diperoleh dari penggilingan padi Jatiroke, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat). Pada tahap pemurnian gula mentah, sebagai model gula mentah digunakan gula kristal berkualitas rendah (dari pasar tradisional di daerah Jatinangor). Bahan penelitian lainnya untuk keperluan pemurnian sekam padi, arang sekam padi, dan titrasi digunakan bahan-bahan kimia sebagai berikut: asam klorida (37%, Merck), metilen biru (Merck), kalium dan natrium karbonat (Merck), garam Rochelle atau natrium kalium tartrat (reagen Fehling untuk uji gula, Merck), larutan EDTA (0,0025 mol/L, Merck), mureksid atau amonium purpurat (indikator, Merck), natrium hidroksida (Merck), dan tembaga (II) sulfat pentahidrat (Merck).

2.2 Prosedur Percobaan

2.2.1 Preparasi Karbon Aktif dari Sekam Padi

Sekam padi dicuci dengan air mengalir lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Sekam padi kemudian direndam dengan larutan asam klorida 1 N selama 1 jam untuk mengekstraksi oksida logam. Setelah sekam padi dipisahkan dari larutan asam klorida sisa, sekam padi dicuci dengan akuades sampai pH netral, dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Sekam padi bebas oksida logam selanjutnya dikarbonisasi di dalam *muffle furnace* pada suhu 600 °C selama 6 jam dalam medium gas inert nitrogen (Deiana *et al.*, 2008).

Arang sekam padi dari tahap karbonisasi kemudian dipisahkan dari campurannya dengan abu (silika) secara ekstraksi menggunakan larutan kalium karbonat berdasarkan prosedur menurut Haryono *et al.* (2023). Arang sekam padi dihancurkan dengan mortar, kemudian diayak untuk diperoleh arang sekam padi berukuran lolos 50 *mesh*. Selanjutnya dilakukan ekstraksi abu, khususnya silika, dari sekam padi pada rasio mol antara silika, kalium karbonat, dan akuades sebesar 1:3:150 pada suhu 100 °C selama 2,5 jam. Campuran hasil ekstraksi disaring dalam kondisi panas dengan kertas saring *Whatmann* no. 40 pada corong Buchner. Padatan yang tertahan pada kertas saring merupakan karbon. Kemudian karbon dari hasil penyaringan dibilas dengan akuades panas sampai pH netral, dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110 °C selama 4 jam.

Pada tahap berikutnya, karbon dari sekam padi diaktivasi secara fisika dengan pemanasan. Aktivasi dilakukan dengan memanaskan karbon sekam padi di dalam *muffle furnace* pada suhu 600 °C selama 2 jam (Hariprasad *et al.*, 2016). Karbon aktif dari sekam padi tersebut selanjutnya diuji daya jerapnya terhadap metilen biru (bilangan metilen biru, B_{MB} dalam mg/g) dan iodin (bilangan iodin, B_I dalam mg/g) sebagai dasar untuk menentukan luas permukaan (A), volume pori total (V_t), dan volume mikropori (V_m) spesifik dengan pendekatan Persamaan (1) s.d (3) menurut Nunes & Guerreiro (2011).

$$A \left(\frac{m^2}{g} \right) = 228 - 0,101B_{MB} + 0,3B_I + 1,05 \times 10^{-4}B_{MB}^2 + 2,0 \times 10^{-4}B_I^2 + 9,38 \times 10^{-4}B_{MB} \quad (1)$$

$$V_t \left(\frac{cm^3}{g} \right) = 0,137 + 1,90 \times 10^{-3}B_{MB} + 1,00 \times 10^{-4}B_I \quad (2)$$

$$V_m \left(\frac{cm^3}{g} \right) = 0,056 - 0,001B_{MB} + 1,55 \times 10^{-4}B_I + 7,00 \times 10^{-6}B_{MB}^2 + 1,00 \times 10^{-4}B_I \dots \\ - 1,18 \times 10^{-7}B_I B_{MB} \quad (3)$$

2.2.2 Uji Pemurnian Gula Mentah

Pemurnian gula mentah oleh karbon aktif dari sekam padi dilakukan dengan metode adsorpsi. Gula kristal kualitas rendah sebagai model gula mentah dilarutkan ke dalam akuades sampai diperoleh larutan gula mentah dengan kadar 14°Brix (1°Brix = 1 % b/b dari larutan sukrosa atau gula tebu di dalam pelarut akuades). 100 mL larutan gula mentah 14°Brix dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL sebagai bejana adsorpsi. Ke dalam larutan gula mentah tersebut dimasukkan karbon aktif dari sekam padi dengan kadar 1,2% b/v. Kemudian dilakukan adsorpsi pada suhu 70 °C dengan variasi waktu adsorpsi selama 1, 2, 3, dan 4 jam.

Pada akhir adsorpsi, larutan gula dipisahkan dari karbon aktif sisa dengan filtrasi sebagai filtrat. Filtrat larutan gula kemudian diuji kadar gula reduksi dan warna larutannya. Kadar gula reduksi ditentukan dengan metode titrasi kompleksometri, sedangkan warna larutan gula dianalisis dengan pendekatan nilai absorbansi dari sampel larutan gula menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm (SNI 01-3140.2-2006). Percobaan diulangi untuk variasi kadar karbon aktif sebanyak 1,5% dan 1,8% b/v pada lama waktu adsorpsi yang menghasilkan larutan gula dengan kadar gula reduksi paling tinggi dan nilai absorbansi paling rendah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Karbon Aktif dari Sekam Padi

Karbon aktif dari sekam padi pada penelitian ini diperoleh melalui 4 tahap utama preparasi, yaitu: ekstraksi oksida logam dengan larutan asam klorida, karbonisasi, ekstraksi silika/abu, dan aktivasi secara fisika dengan pemanasan. Perbandingan antara kadar air dan abu pada arang sekam padi antara setelah tahap karbonisasi dan tahap ekstraksi silika/abu ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan kadar air dan abu pada arang sekam padi

Jenis arang sekam padi	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
Setelah karbonisasi	4,36	65,85
Setelah ekstraksi abu	4,91	33,16

Data penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tahap ekstraksi abu dari arang sekam padi berhasil menurunkan kadar abu sebesar 49,64%, yaitu dari 65,85% menjadi 33,16%. Perbedaan kadar air pada arang sekam padi dari kedua tahap perlakuan relatif tidak signifikan. Perbedaan tersebut diduga hanya sebagai dampak perbedaan waktu kedua jenis arang sekam padi terekspos dan berkontak dengan kelembapan udara. Para peneliti memperoleh kadar abu pada arang sekam padi dari tahap karbonisasi dengan nilai bervariasi. Homchat & Ramphueiphad (2022) memperoleh arang sekam padi dengan kadar abu sebesar 36,13% ketika

zona pembakaran mencapai suhu 660–713 °C. Namun, nilai kadar abu pada arang sekam padi komersial dilaporkan lebih tinggi, yaitu sebesar 44,87% oleh Mishra *et al.* (2017). Oleh karena itu dapat dinyatakan bahwa kadar abu pada arang sekam padi dari hasil karbonisasi sekam padi akan bervariasi, bergantung pada berbagai faktor, yaitu karakteristik awal sekam padi, metode karbonisasi, jenis reaktor, dan kondisi karbonisasi (Alam *et al.*, 2020).

Kadar abu pada arang sekam padi setelah tahap ekstraksi abu dengan kalium karbonat adalah 33,16%. Jumlah kadar abu tersebut masih terlalu banyak untuk kriteria aktivasi arang sekam padi. Hal tersebut menunjukkan bahwa tahap ekstraksi abu belum mencapai kondisi optimum. Sebagai perbandingan, Guo *et al.* (2003) melaporkan bahwa ekstraksi abu dengan kalium karbonat terhadap arang sekam padi yang diperoleh dari karbonisasi pada suhu 750 °C adalah sebesar 6,2%. Abu di dalam karbon aktif justru tidak diinginkan dan dianggap sebagai pengotor. Abu yang larut di dalam larutan gula selama proses dekolorisasi telah diketahui akan menyebabkan distribusi panas tidak merata, dan mengganggu proses adsorpsi melalui adsorpsi kompetitif (Ahmedna *et al.*, 2000).

Arang sekam padi dari tahap ekstraksi abu selanjutnya diaktivasi secara fisika dengan pemanasan pada suhu 600 °C selama 2 jam. Hasil karakterisasi terhadap karbon aktif dari hasil aktivasi tersebut dan perbandingannya dengan hasil penelitian lain ditampilkan pada Tabel 2. Karbon aktif dari sekam padi pada penelitian ini memiliki luas permukaan spesifik yang relatif kompetitif jika dibandingkan dengan karbon aktif sejenis dari beberapa hasil penelitian lainnya. Namun demikian, luas permukaan spesifiknya masih di bawah standar karbon aktif komersial. Luas permukaan spesifik karbon aktif komersial dengan kinerja standar adalah 600–1200 m²/g (Newterra, 2023). Semakin luas permukaan dari karbon aktif maka bidang kontakannya untuk adsorbat teradsorpsi akan semakin luas, sehingga kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi adsorbat semakin meningkat (Pelekani & Snoeyink, 1999). Luas permukaan spesifik karbon aktif dari penelitian ini lebih rendah daripada hasil penelitian Scapin *et al.* (2020) dan Kaykioğlu & Güneş (2016). Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan metode dan kondisi aktivasi. Scapin *et al.* (2020) melakukan aktivasi dengan metode peleburan menggunakan aktivator kalium karbonat pada suhu 900 °C. Sedangkan Kaykioğlu & Güneş (2016) menggunakan asam sulfat sebagai aktivator. Nilai bilangan iodin yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bilangan metilen biru dari karbon aktif pada penelitian ini berkorelasi dengan luas permukaan spesifik yang lebih besar dan distribusi pori sebagai mikropori yang relatif lebih dominan (Nunes & Guerreiro, 2011). Komposisi ukuran pori karbon aktif terbaik sebagai adsorben menurut Pendyal *et al.* (1999) adalah 60–70% mikropori (diameter pori <2 nm), 20–30% mesopore (diameter pori 2–50 nm), dan 4–5% makropori (diameter > 50 nm).

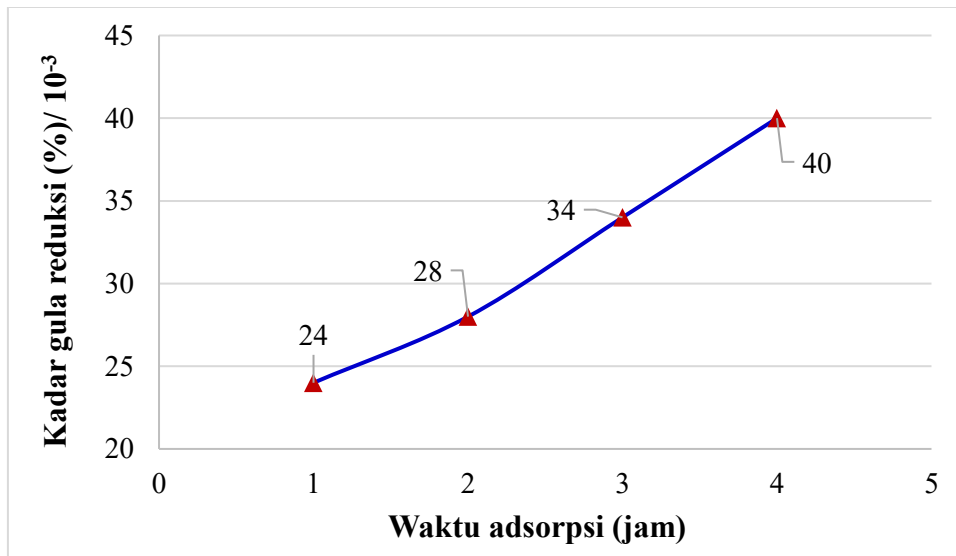
Tabel 2. Perbandingan karakteristik karbon aktif dari sekam padi setelah aktivasi

Parameter Uji					Referensi
B _{MB} (mg/g)	B _I (mg/g)	A (m ² /g)	V _t (cm ³ /g)	V _m (cm ³ /g)	
0,84	225,64	305,79	0,16	0,09	Penelitian ini Hariprasad <i>et al.</i> (2016)
-	-	156,09 ^a	-	-	
-	-	264,00 ^b	-	-	Ahmedna <i>et al.</i> (2000)
-	-	500 ^b	0,27	-	Scapin <i>et al.</i> (2020)
28,5	-	417 ^b	0,37	-	Kaykioğlu & Güneş (2016)

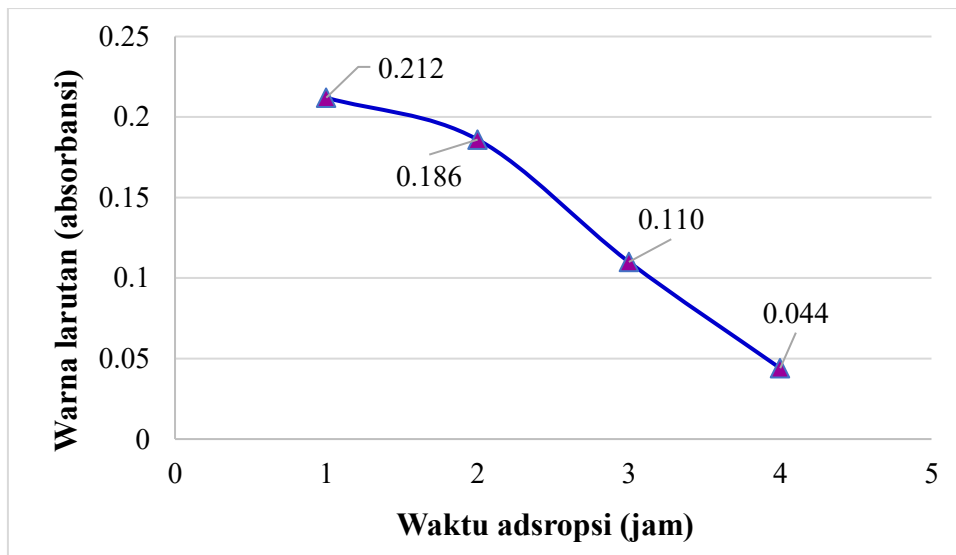
Keterangan: B_{MB} = bilangan metilen biru, B_I = bilangan iodin, A = luas permukaan spesifik, V_t = volume total pori spesifik, V_m = volume mikropori spesifik, ^a = uji adsorpsi Langmuir, ^b = uji adsorpsi BET

3.2 Hasil Uji Pemurnian Gula Mentah dengan Metode Adsorpsi

Karbon aktif dari sekam padi yang telah dipreparasi, kemudian dimanfaatkan sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas gula mentah. Gula kristal kualitas rendah sebagai model gula mentah, sebelum dimurnikan dari pengotornya dengan karbon aktif dari sekam padi, dilarutkan terlebih dahulu di dalam akuades sehingga diperoleh larutan gula mentah sebesar 14°Brix. Pada tahap awal adsorpsi digunakan karbon aktif dari sekam padi sebanyak 1,2% b/v, dengan variasi waktu adsorpsi selama 1, 2, 3, dan 4 jam pada suhu 70 °C. Hubungan antara variasi lama waktu adsorpsi terhadap perubahan kadar gula reduksi dan absorbansi dari larutan gula setelah adsorpsi ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Kurva pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar gula reduksi dari larutan gula pada kadar karbon aktif sekam padi 1,2% b/v (suhu adsorpsi 70 °C)



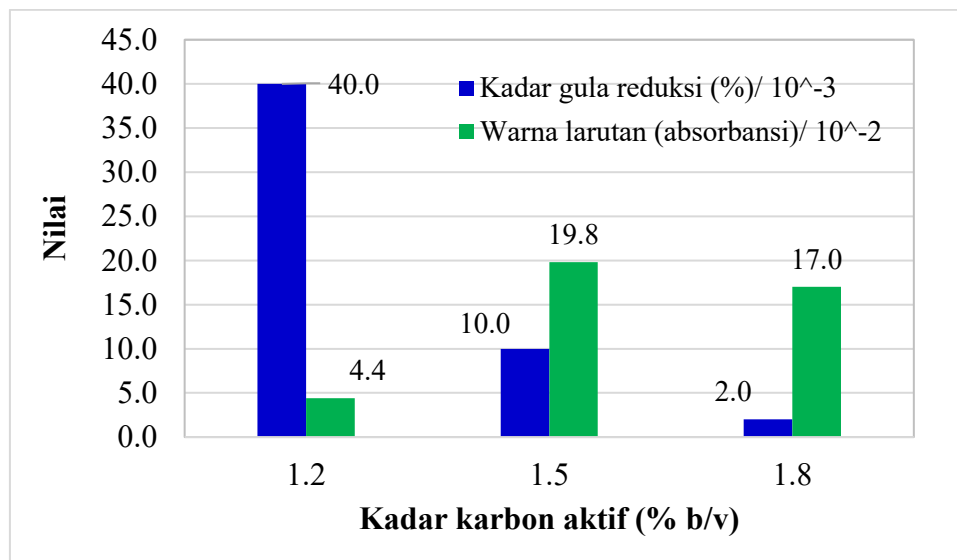
Gambar 2. Kurva pengaruh waktu adsorpsi terhadap warna larutan dari larutan gula pada kadar karbon aktif sekam padi 1,2% b/v (suhu adsorpsi 70 °C)

Pada penelitian ini warna larutan gula diwakili oleh parameter absorbansi, dimana nilai absorbansi (A) tersebut berbanding lurus dengan kriteria yang disebutkan pada ICUMSA (SNI 01-3140.2-2006) sesuai Persamaan (4) berikut:

$$ICUMSA = \frac{10^8 A}{b (RDS \text{ terkoreksi}) \rho} \quad (4)$$

dengan b adalah ketebalan cuvet, ρ adalah densitas larutan gula, dan RDS adalah *Refractometric Dry Substance* (jumlah padatan terlarut di dalam cairan tebu atau nira).

Data penelitian hasil pemurnian larutan gula mentah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2, diperoleh konsistensi kecenderungan bahwa semakin lama waktu adsorpsi, kadar gula reduksi mengalami peningkatan (Gambar 1), dan sebaliknya nilai absorbansinya semakin menurun (Gambar 2). Penurunan nilai absorbansi dari larutan gula setelah adsorpsi tersebut mengindikasikan warna larutan gula semakin jernih. Hal ini mengindikasikan semakin banyak bahan-bahan pengotor yang berkontribusi terhadap rendahnya kualitas warna dari gula dapat dipisahkan dengan cara teradsorpsi pada permukaan adsorben karbon aktif. Pengurangan kadar pengotor dari larutan gula secara konsisten tersebut berkonsekuensi terhadap meningkatnya kadar gula reduksi secara konsisten pula.



Gambar 3. Data hasil analisis kadar gula reduksi dan warna larutan gula pada waktu adsorpsi 4 jam (suhu adsorpsi 70 °C)

Waktu adsorpsi merupakan salah satu kondisi yang sangat mempengaruhi kinerja adsorpsi. Pada umumnya, sebelum kondisi kesetimbangan perpindahan massa adsorbat (molekul yang akan diadsorpsi) dari fase larutan ke permukaan adsorben tercapai, waktu adsorpsi yang semakin lama akan meningkatkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi (Kaykioğlu & Güneş, 2016). Pada penelitian ini, bahan-bahan pengotor yang terdapat pada gula mentah merupakan adsorbat yang diharapkan dapat dipisahkan secara optimal. Selanjutnya, berdasarkan data penelitian pada Gambar 1 dan 2, sesuai dengan tujuan pemurnian terhadap gula mentah, yaitu meningkatkan kualitas warna gula (larutan lebih jernih) dan kadar gula reduksi, maka waktu adsorpsi selama 4 jam ditetapkan sebagai waktu terbaik pada proses pemurnian gula mentah. Pada waktu adsorpsi 4 jam, kadar karbon aktif dari sekam padi sebanyak 1,2% b/v, dan suhu adsorpsi 70 °C, larutan gula mentah setelah pemurnian memiliki kadar gula reduksi tertinggi (0,04%) dan warna larutan paling jernih (absorbansi 0,044). Oleh karena itu, pengaruh kadar karbon aktif dari sekam padi terhadap kualitas larutan gula dipelajari pada waktu lama adsorpsi 4 jam.

Pengujian pengaruh kadar karbon aktif sekam padi terhadap kualitas larutan gula selanjutnya dipelajari pada kadar 1,5 dan 1,8% b/v. Hasil dari pengujian ditampilkan pada

Gambar 3. Data penelitian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan kadar karbon aktif dari sekam padi yang digunakan untuk adsorpsi larutan gula mentah, justru mengakibatkan penurunan kadar gula reduksi, dan konsekuensinya akan menurunkan kualitas warna dari larutan gula (absorbansi larutan gula meningkat). Fenomena tersebut diperkirakan sebagai akibat, dengan semakin banyaknya adsorben (karbon aktif) yang digunakan, di atas kebutuhan optimalnya, maka semakin banyak sisi aktif pada permukaan karbon aktif yang tersedia untuk terjadinya adsorpsi dari adsorbat. Namun demikian, kondisi tersebut juga akan meningkatkan potensi sisi-sisi aktif dari karbon aktif yang tidak digunakan untuk mengadsorpsi pengotor dari larutan gula mentah, akan dipakai untuk mengadsorpsi molekul-molekul gula sukrosa. Akibatnya, kadar gula reduksi di dalam larutan gula akan semakin turun seiring dengan penambahan kadar karbon aktif.

4 SIMPULAN

Karbon aktif telah berhasil dipreparasi dari sekam padi melalui tahap karbonisasi, aktivasi secara kimia dengan larutan kalium karbonat, dan dilanjutkan aktivasi secara fisika dengan pemanasan. Aktivasi secara kimia (tahap ekstraksi abu) terhadap arang karbon dari tahap karbonisasi telah berhasil mengurangi kadar abu hingga 33,16%.

Karbon aktif dari sekam padi setelah aktivasi secara fisika dengan pemanasan memiliki karakteristik relatif baik. Karbon aktif tersebut memiliki nilai luas permukaan, volume total pori, dan volume mikropori spesifik berturut-turut sebesar 305 m²/g, 0,16 cm³/g, dan 0,09 cm³/g.

Karbon aktif dari sekam padi yang telah dipreparasi menunjukkan kemampuan sebagai adsorben untuk pemurnian gula mentah. Kondisi adsorpsi optimum dicapai ketika adsorpsi dilaksanakan dengan kadar karbon aktif sebanyak 1,2% b/v, selama 4 jam, dan suhu 70 °C. Pada kondisi adsorpsi tersebut diperoleh larutan gula sebagai hasil pemurnian yang paling jernih (absorbansi larutannya minimal) dan kadar gula reduksi paling tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Laboratorium Kimia Fisik FMIPA Universitas Padjadjaran atas fasilitas dan sarana untuk penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada sdr. Aurora Kurnia Mahardika atas kontribusinya dalam pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmedna, M., Marshall, W. E., & Rao, R. M. (2000). Granular Activated Carbons from Agricultural By-products: Preparation, Properties, and Application in Cane Sugar Refining (Bulletin #869). In *LSU AgCenter Bulletins*. LSU AgCenter.
- Alam, M. M., Hossain, M. A., Hossain, M. D., Johir, M. A. H., Hossen, J., Rahman, M. S., Zhou, J. L., Hasan, A. T. M. K., Karmakar, A. K., & Ahmed, M. B. (2020). The Potentiality of Rice Husk-Derived Activated Carbon: From Synthesis to Application. *Processes*, 8(2), 203. <https://doi.org/10.3390/pr8020203>
- Chen, Y., Zhu, Y., Wang, Z., Li, Y., Wang, L., Ding, L., Gao, X., Ma, Y., & Guo, Y. (2011). Application studies of activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process—A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 163(1), 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.01.006>
- Correa, C. R., Otto, T., & Kruse, A. (2017). Influence of the biomass components on the pore formation of activated carbon. *Biomass and Bioenergy*, 97, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.12.017>
- Cortes, R. A. (2007). *Direct White Sugar Production: optimization and chemical regeneration of fixed-bed activated carbon adsorbers* [Thesis, Louisiana State University and

- Agricultural and Mechanical College]. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.3921
- Deiana, C., Granados, D., Venturini, R., Amaya, A., Sergio, M., & Tancredi, N. (2008). Activated Carbons Obtained from Rice Husk: Influence of Leaching on Textural Parameters. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(14), 4754–4757. <https://doi.org/10.1021/ie071657x>
- Dumitrescu, S. (2021). *What is Raw Sugar?* International Food Information Council. <https://ific.org/resources/articles/what-is-raw-sugar/>
- Gao, A., You, X., Li, Z., Liao, C., Yin, Z., Zhang, B., & Zhang, H. (2025). Health effects associated with ozone in China: A systematic review. *Environmental Pollution*, 367, 125642. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.125642>
- Guo, Y., Yu, K., Wang, Z., & Xu, H. (2003). Effects of activation conditions on preparation of porous carbon from rice husk. *Carbon*, 41(8), 1645–1648. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(03\)00084-8](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(03)00084-8)
- Hariprasad, P., Sivaraj, R., & Cu, A. (2016). Preparation and characterization of activated carbon from rice husk. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(4), 551–558.
- Haryono, H., Noviyanti, A. R., & Ernawati, E. E. (2023). Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Adsorpsi Komposit Silika/Karbon dari Limbah Sekam Padi sebagai Adsorben Tembaga (II). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(1), 058–066. <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.241>
- Homchat, K., & Ramphueiphad, S. (2022). The continuous carbonisation of rice husk on the gasifier for high yield charcoal production. *Results in Engineering*, 15, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100495>
- Kaykioglu, G., & Güneş, E. (2016). Kinetic and equilibrium study of methylene blue adsorption using H₂SO₄-activated rice husk ash. *Desalination and Water Treatment*, 57(15), 7085–7097. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1014859>
- KPPU RI. (2010). *Position paper komisi pengawas persaingan usaha terhadap kebijakan dalam industri gula*.
- Liou, T.-H., & Wu, S.-J. (2009). Characteristics of microporous/mesoporous carbons prepared from rice husk under base- and acid-treated conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1–3), 693–703. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.056>
- Manocha, S. M. (2003). Porous carbons. *Sadhana*, 28(1–2), 335–348. <https://doi.org/10.1007/BF02717142>
- Mishra, A., Taing, K., Hall, M. W., & Shinogi, Y. (2017). Effects of Rice Husk and Rice Husk Charcoal on Soil Physicochemical Properties, Rice Growth and Yield. *Agricultural Sciences*, 08(09), 1014–1032. <https://doi.org/10.4236/as.2017.89074>
- Morimoto, K., Tsuda, K., & Mizuno, D. (2023). Literature Review on the Utilization of Rice Husks: Focus on Application of Materials for Digital Fabrication. *Materials*, 16(16), 5597. <https://doi.org/10.3390/ma16165597>
- Newterra, Co. (2023). *What is activated carbon*. Newterra. <https://www.newterra.com/article/what-is-activated-carbon/#:~:text=Activity%20level%20is%20often%20expressed,described%20in%20the%20following%20sections>
- Nunes, C. A., & Guerreiro, M. C. (2011). Estimation of surface area and pore volume of activated carbons by methylene blue and iodine numbers. *Química Nova*, 34(3), 472–476. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000300020>
- Pelekani, C., & Snoeyink, V. L. (1999). Competitive adsorption in natural water: role of activated carbon pore size. *Water Research*, 33(5), 1209–1219. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00329-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00329-7)
- Pendyal, B., Johns, M. M., Marshall, W. E., Ahmedna, M., & Rao, R. M. (1999). Removal of sugar colorants by granular activated carbons made from binders and agricultural by-

- products. *Bioresource Technology*, 69(1), 45–51. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00172-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00172-2)
- PTPN. (2025, December 22). *PTPN Group Sumbang 50 Persen Kenaikan Produksi Gula Nasional Tahun 2024*. PT Perkebunan Nusantara. <https://ptpn.id/ptpn-group-sumbang-50-persen-kenaikan-produksi-gula-nasional-tahun-2024/>
- Scapin, E., Macie, G. P. da S., Polidoro, A. dos S., Lazzari, E., Benvenuti, E. V., Falcade, T., & Jacques, R. A. (2020). Activated Carbon from Rice Husk Biochar with High Surface Area. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10265–10277. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1026510277>
- Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. (2025). *Buku outlook komoditas perkebunan tebu*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretarian Jenderal Kementerian Pertanian.
- Suhas, S., Carrott, P. J. M., & Ribeiro Carrott, M. M. L. (2007). Lignin – from natural adsorbent to activated carbon: A review. *Bioresource Technology*, 98(12), 2301–2312. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.008>
- Yang, X.-Y., & Liu, H.-Y. (2021). Hydrogen peroxide is a risk factor for occupational chemical poisoning. *Chinese Medical Journal*, 134(7), 881–882. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000001336>