

Efektivitas Karbon Aktif Dari Sekam Padi Dengan Aktivator H_3PO_4 Sebagai Media Filter Penjerapan CO_2 Dari Biogas

Effectiveness of Activated Carbon from Rice Husk with H_3PO_4 Activators as CO_2 Adsorption Filter Media Contained in Biogas

Miranda Indah Pangesti^{1*}, Rosita Dwityaningsih², Dodi Satriawan³

^{1,2,3} Program Studi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap
Email: ¹mirandaipe2209@gmail.com, ²rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id, ³dodi.satriawan@pnc.ac.id

*Penulis korespondensi: rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id

ABSTRAK

Minyak bumi merupakan bahan baku fosil yang tidak dapat diperbaharui. Salah satu energi alternatif yang mampu menggantikan konsumsi minyak bumi di antaranya biogas. Biogas menghasilkan karbondioksida (CO_2), gas metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), serta gas lain yang bersumber dari aktivitas anaerobik oleh bakteri metanogen. Karbondioksida dalam biogas termasuk gas pengotor yang dapat menyebabkan kandungan CH_4 semakin menurun. Cara efektif untuk meningkatkan CH_4 dan meminimalisir kandungan CO_2 yaitu dengan cara pemurnian biogas menggunakan metode adsorpsi. Media adsorben yang dapat digunakan untuk menyerap CO_2 yaitu karbon aktif berbahan baku sekam padi. Penelitian memiliki tujuan untuk membuat media filter karbon aktif dari sekam padi diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4), mendapatkan karakteristik karbon aktif dari sekam padi, serta mengetahui efektivitas karbon aktif dari sekam padi sebagai penjerap CO_2 yang terdapat di dalam biogas. Penelitian ini memiliki manfaat untuk memanfaatkan sekam padi menjadi karbon aktif dengan diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4). Metode yang digunakan untuk karakterisasi karbon aktif yaitu SNI 06-3730-1995 dan metode adsorpsi yang digunakan yaitu dengan mengukur gas sebelum melalui media filter (*inlet*) dan gas setelah melalui media filter (*outlet*). Didapatkan hasil dari penelitian bahwa karbon aktif dari sekam padi mempunyai kadar air sebesar 1-2%, kadar abu 30-43%, serta daya serap terhadap iodin 1200-1250 mg/g serta karbon aktif dari sekam padi efektif untuk menyerap CO_2 .

Kata kunci: adsorpsi, biogas, karbon aktif, karbondioksida, sekam padi

ABSTRACT

Petroleum is a non-renewable fossil fuel. The alternative energie that can restore petroleum is biogas. Biogas produce carbondioxide (CO_2), hydrogen sulfide (H_2S), methane (CH_4), and other gases from anaerobic activity by methanogenic bacteria. Carbondioxide in biogas is an impurity gas which can cause the CH_4 content to decrease. An effective way to increase CH_4 and minimize CO_2 content is by purifying biogas using the adsorption method. This study aims to make activated carbon filter media from rice husks activated using phosphoric acid (H_3PO_4), to obtain characteristics of activated carbon from rice husks, and to determine the effectiveness of activated carbon from rice husks as a CO_2 absorber in biogas. This study has the benefit of utilizing rice husks into activated carbon by being activated using phosphoric acid (H_3PO_4). The method used for the characterization of activated carbon is in accordance on SNI 06-3730-1995 also the adsorption method used is by measuring the gas before going through the filter media (*inlet*) and the gas after going through the filter media (*outlet*). The results showed that activated carbon from rice husks had a moisture matter of 1-2%, ash substance of 30-43%, then iodine absorption amount of 1200-1250 mg/g and activated carbon from rice husks effective for absorbing CO_2 .

Keywords: adsorption, biogas, activated carbon, carbondioxide, rice husk

1. PENDAHULUAN

Berkurangnya sumber energi dari bahan baku fosil merupakan isu global yang harus dicari solusinya. Sumber energi berbahan baku fosil salah satunya merupakan minyak bumi. Minyak bumi dapat digantikan dengan energi alternatif yaitu biogas. Biogas dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik dengan bakteri yang hidup pada keadaan anaerobik seperti limbah cair tahu. Biogas menghasilkan gas seperti karbondioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4), serta gas lainnya[1]. Menurut Nurhilal et al., (2020) biogas mengandung karbondioksida (30-45%), hidrogen sulfida (< 1%), gas metana (55-70%), serta beberapa kandungan uap air. Karbondioksida (CO_2) merupakan gas yang merugikan dalam biogas dikarenakan adanya CO_2 dapat menurunkan nilai kalor pembakaran[2]. Semakin banyak kandungan CO_2 dalam biogas maka kandungan CH_4 semakin menurun. Cara efektif menurunkan kadar CO_2 dalam biogas yaitu dengan adsorpsi. Teknologi adsorpsi dapat menggunakan adsorben (padatan) yang berupa karbon aktif untuk penjerap CO_2 [3].

Sejumlah peneliti telah melakukan penelitian mengenai pembuatan karbon aktif sebagai penjerap CO_2 antara lain, Iriani and Heryadi., (2014) telah melakukan penelitian menggunakan metode adsorpsi dengan kolom beradsorben karbon aktif dari batok kelapa untuk menurunkan konsentrasi CO_2 yang terdapat di dalam biogas. Kadar CO_2 setelah proses penjerapan turun hingga 35,04% yang sebelumnya 36,49%. Widyastuti et al., (2013) meneliti mengenai karbon aktif terbuat dari limbah cangkang sawit teraktivasi H_3PO_4 untuk menjerap gas pada biogas. Hasil penelitian didapatkan kadar CO_2 berkurang sebesar 6,1%. Peneliti terdahulu telah banyak menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menjerap gas CO_2 yang ada dalam biogas, namun belum ada yang menggunakan bahan baku dari sekam padi sebagai adsorben penjerapan CO_2 .

Kabupaten Cilacap tergolong penghasil limbah pertanian yang banyak salah satunya sekam padi. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap, produksi beras pada tahun 2021 sejumlah 5,53 juta ton yang berarti Kabupaten Cilacap juga menghasilkan limbah pertanian yang sangat banyak. Sekam padi mengandung karbon yang tinggi yaitu sebesar 48,73% sehingga berpotensi sebagai bahan pembuatan karbon aktif [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan efektivitas karbon aktif dari sekam padi dengan diaktivasi menggunakan H_3PO_4 sebagai adsorben penjerapan CO_2 . Karbon aktif adalah adsorben yang digunakan dalam industri kimia.

2. METODE PENELITIAN

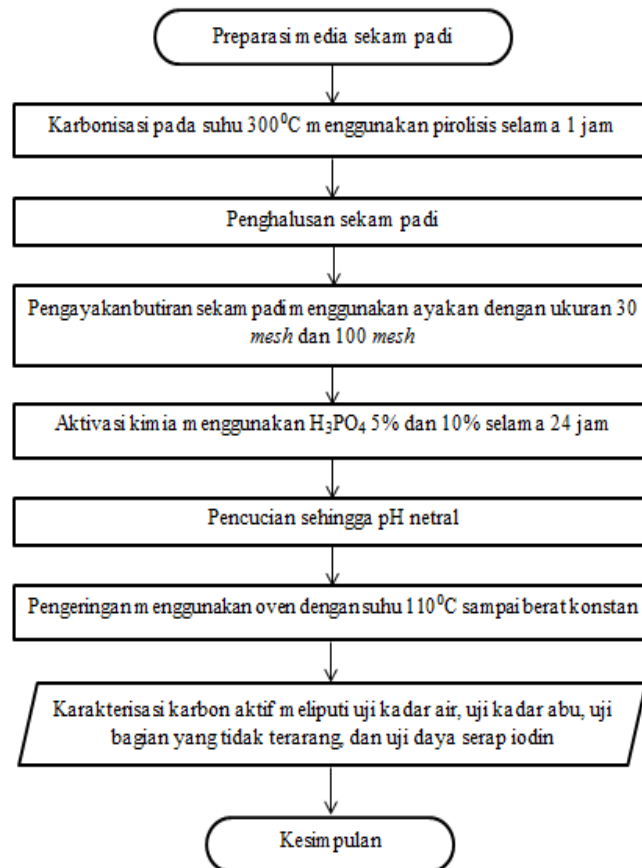
Karbon aktif mempunyai luas permukaan antara 200-300 m^2/g . Karbon aktif mempunyai kemampuan mengadsorpsi gas serta senyawa kimia terbatas ataupun sifat adsorpsinya dipengaruhi terhadap besar maupun volume pori serta luas permukaan[3]. Menurut Rohmah and Redjeki., (2014) tahapan pembuatan karbon aktif berupa penghilangan kandungan air (dehidrasi). Dehidrasi adalah proses memanaskan bahan hingga suhu 170°C atau dijemur dibawah terik matahari untuk menghilangkan kandungan air. Selanjutnya tahap karbonisasi atau pengarangan dilakukan dengan menggunakan pirolisis. Pirolisis yaitu proses penguraian bahan organik yang tidak teratur menjadi tiga bentuk zat yaitu gas, cair dan padat yang disebabkan karena adanya pemanasan tanpa menggunakan oksigen atau tidak berhubungan dengan udara luar[7].

Karbonisasi bertujuan untuk mengubah bahan organik membentuk elemen karbon. Bahan dipanaskan dengan menggunakan suhu lebih dari 170°C dan yang terakhir tahap aktivasi. Aktivasi adalah proses membuat luas permukaan menjadi lebih luas pada karbon yang dihasilkan dari proses karbonisasi dilakukan dengan melepas hidrokarbon serta tar yang terdapat pada karbon yang mengakibatkan daya serapnya semakin besar. Aktivasi terbagi menjadi dua metode antara lain aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi secara fisika dilangsungkan menggunakan pemanasan suhu yang tinggi. Adapun aktivasi secara kimia yaitu dapat dilangsungkan dengan mencampurkan karbon dengan bahan kimia[4]. Aktivasi dapat menggunakan aktivator asam maupun basa.

Bahan baku yang digunakan yaitu sekam padi. Lokasi pengambilan sekam padi sebagai bahan baku karbon aktif yaitu di tempat penggilingan padi Jalan Wisata Payau, Beji Lor, Tritih Kulon, Kecamatan Cilacap Utara. Selain menggunakan bahan sekam padi pembuatan karbon aktif menggunakan bahan-bahan antara lain *aquadest*, asam fosfat (H_3PO_4), larutan iodium (I_2) 0,1N, natrium tioulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N, serta amilum 1%. Peralatan yang digunakan meliputi pirolisis, grinder, ayakan 30 *mesh* dan 100 *mesh*, oven, neraca analitik, peralatan gelas standar, *magnetic stirrer*, *furnace*, *gas analyzer*, dan prototipe biogas purifier.

2.1 Pembuatan Karbon Aktif

Berdasarkan pada Gambar1, sekam padi sebanyak 150 gram dikarbonisasi menggunakan alat pirolisis dengan suhu 300°C dengan waktu 1 jam. Arang sekam padi dihaluskan serta diayak hingga ukuran partikel 30 *mesh* dan 100 *mesh*. Arang sekam padi dengan ukuran 30 *mesh* dan 100 *mesh*. Aktivasi menggunakan metode kimia dengan bahan aktivator berupa asam fosfat (H₃PO₄) menggunakan variasi konsentrasi aktivator 5% dan 10%, dihomogenkan dengan kecepatan putaran 150 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Hasil aktivasi dibiarkan 24 jam. Karbon aktif disaring serta dicuci sehingga mendapatkan pH netral. Karbon aktif dikeringkan dengan oven menggunakan suhu 110°C sampai massanya konstan. Karbon aktif dikarakterisasi sesuai karakteristik SNI 06-3730-1995 dan dilakukan analisis CO₂ pada pengaplikasian karbon aktif di media filter alat purifikasi biogas.



Gambar-1. Diagram Penelitian Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam Padi

Media filter yang digunakan yaitu berbentuk tabung dengan posisi horizontal. Bahan yang dipilih sebagai kolom media filter merupakan *housing filter* dengan tinggi 24 cm dan berdiameter 5 cm yang diisi karbon aktif berbahan sekam padi. Pemilihan bahan tersebut dimaksudkan untuk mempermudah membuka tabung karena akan dilakukan pengisian media dan penggantian media. Selain itu, juga dapat meningkatkan efisiensi kontak antara biogas dengan media filter karbon aktif terbuat dari sekam padi. Karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini mempunyai ukuran partikel 100 *mesh* serta variasi konsentrasi 5% dan 10%. Massa karbon aktif di dalam media filter sebanyak 100 gram. Gas di dalam biogas akan dialirkan menggunakan pompa udara sehingga gas dapat melalui media filter. Penjerapan CO₂ dilakukan dengan menggunakan variasi waktu 2 menit, 4 menit, dan 6 menit.

2.2 Karakterisasi Karbon Aktif

Karbon aktif dikarakterisasi dengan menggunakan metode SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Karakterisasi karbon aktif berupa uji kadar air, uji kadar abu, serta uji daya serap iodin [9].

Tabel-1. Karakteristik Karbon Aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995

Uraian	Prasyarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar air (%)	Maks. 4,4	Maks. 15
Kadar abu (%)	Maks. 2,5	Maks. 10
Daya serap terhadap iodium (mg/g)	Min. 750	Min. 750

a) Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan merujuk pada SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif, dilakukan dengan cara menimbang cawan krusibel terlebih dahulu untuk mengetahui bobot cawan kosong. Kemudian karbon aktif ditimbang sebanyak satu gram serta ditempatkan di cawan krusibel yang telah diketahui bobotnya. Cawan berisi sampel dipanaskan sampai kering menggunakan oven dengan suhu $115^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dengan waktu 3 jam. Setelah dioven cawan berisi sampel dimasukkan kedalam desikator kurang lebih 15 menit, lalu ditimbang. Dilakukan kembali proses pengeringan hingga cawan yang berisi sampel bobotnya tetap atau konstan. Perhitungan kadar air dapat dijelaskan pada persamaan (1).

$$\% \text{ kadar air} = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (1)$$

dengan W_1 = kehilangan berat sampel (g), dengan W_2 = berat sampel (g)

b) Penentuan Kadar Abu

Uji kadar abu yang dilakukan pada penelitian ini merujuk pada SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Pengujian dilakukan dengan cawan krusibel ditimbang untuk mengetahui bobot cawan kosong. Karbon aktif ditimbang seberat 2-3 gram serta ditempatkan dalam cawan krusibel yang telah diketahui bobotnya. Cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu $800-900^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam sampai seluruh sampel membentuk abu. Dinginkan sampel dalam desikator selama 15 menit serta ditimbang. Sampel diabukan kembali hingga bobotnya tetap. Perhitungan kadar abu dapat dijelaskan pada persamaan (2).

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (2)$$

dengan W_1 = berat abu (g), dengan W_2 = berat sampel (g)

c) Penentuan Daya Serap Iodin

Penentuan daya serap iodin dilakukan dengan merujuk pada SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Karbon aktif dipanaskan menggunakan oven bersuhu $115^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Karbon aktif dimasukkan kedalam desikator selama 15 menit. Karbon aktif ditimbang sebanyak 0,5 gram. Larutan iodin 0,1 N ditambahkan ke dalam karbon aktif sebanyak 50 ml. Larutan dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Selanjutnya sampel dipindahkan dalam tabung sentrifugal hingga karbon aktif turun. Sebanyak 10 ml larutan tersebut diambil serta dilakukan titrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat 0,1N sehingga larutan berubah warna menjadi kuning. Selanjutnya, ditambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator. Titrasi kembali hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi bening. Perhitungan daya serap iodin dapat dijelaskan pada persamaan (3).

$$\text{Daya Serap Iodin, mg/g} = \frac{(10 - \frac{V \times N}{0,1})}{w} \times 12,69 \times 5 \quad (3)$$

dengan V = larutan natrium tiosulfat yang diperlakukan (ml), dengan N = normalitas larutan natrium tiosulfat, dengan 12,69 = jumlah iodin sesuai dengan 1 ml larutan natrium tiosulfat 0,1N, dengan W = contoh (g).

d) Penentuan Kadar CO₂ Sebelum dan Setelah Melalui Biogas Purifier

Kadar CO₂ diukur menggunakan *gas analyzer* dengan menginjeksikan gas kedalam *gas analyzer*. Kemudian hasil konsentrasi kadar CO₂ akan terbaca di layar *gas analyzer*. Data yang didapatkan dianalisis

secara kuantitatif dengan perhitungan efisiensi penurunan CO₂ dari media filter biogas purifier. Perhitungan efektivitas penurunan CO₂ dapat dijelaskan pada persamaan (4).

$$\text{Penurunan } CO_2 = \frac{\text{Input} - \text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad (4)$$

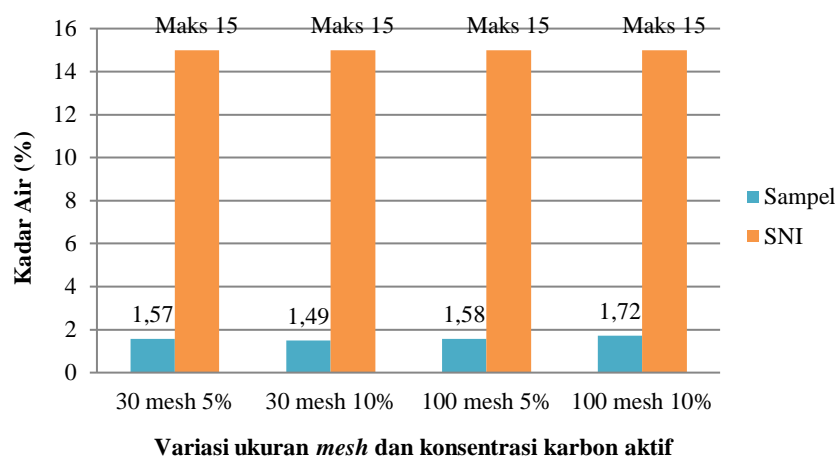
dengan *Input* dan *Output* merupakan gas CO₂ sebelum dan setelah melalui biogas purifier

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel-2. Hasil Uji Karakteristik Karbon Aktif

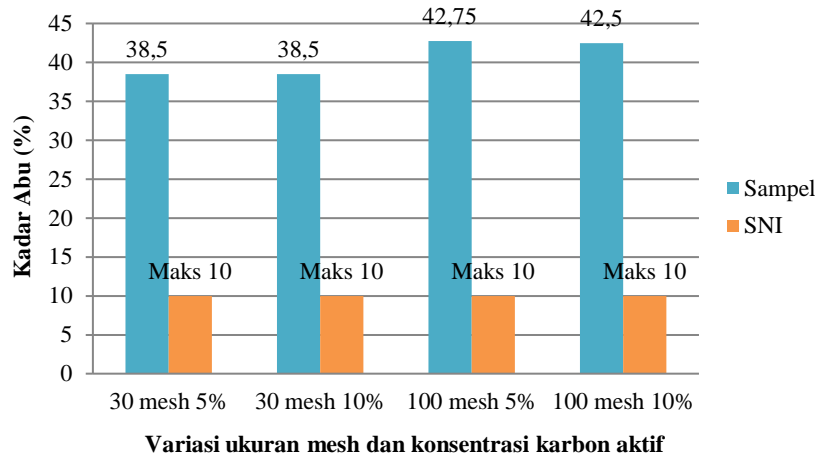
Parameter	SNI 06-3730-1995	Sampel			
		30 mesh (5%)	30 mesh (10%)	100 mesh (5%)	100 mesh (10%)
Kadar Air (%)	Maks. 15	1,57	1,49	1,58	1,72
Kadar Abu (%)	Maks. 10	38,5	38,5	42,75	42,5
Daya Serap Iodin (mg/g)	Min. 750	1205,55	1237,275	1205,55	1249,965



Gambar-2. Hasil Uji Kadar Air

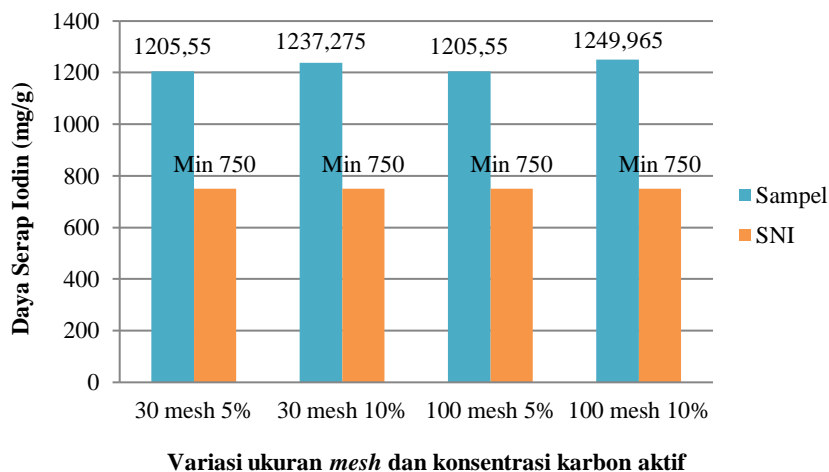
Sifat higroskopis karbon aktif dapat diketahui dengan cara pengujian kadar air. Semakin luas permukaan karbon aktif maka semakin meningkat sifat higroskopisnya[5]. Kadar air pada karbon aktif dapat meningkat dikarenakan air yang berasal dari udara dapat diserap oleh karbon aktif, sehingga kadar air pada karbon aktif akan meningkat. Metode untuk menentukan kadar air dapat menggunakan metode gravimetri berdasarkan hasil penimbangan. Hasil kadar air karbon aktif dari sekam padi diaktivasi dengan asam fosfat (H₃PO₄) telah mencapai syarat standar SNI 06-3730-1995. Hasil uji kadar air terbaik yaitu pada karbon aktif berukuran 100 mesh konsentrasi H₃PO₄ 10% dengan nilai uji kadar air sebesar 1,72%. Semakin tinggi hasil uji kadar air maka semakin besar luas permukaannya serta semakin besar pula daya serap adsorpsinya, sedangkan hasil kadar air yang rendah membuktikan air yang terdapat pada bahan terdiri dari air terikat serta air bebas telah menguap pada saat proses karbonisasi.

Variasi ukuran mesh membuktikan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar hasil kadar airnya, dan semakin kecil pula daya adsorpsinya, hal ini dibuktikan dengan ukuran partikel 30 mesh dengan ukuran partikel 100 mesh. Ukuran partikel 30 mesh lebih sedikit menyerap air dibandingkan dengan 100 mesh. Ukuran partikel 30 mesh mempunyai luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan 100 mesh. Variasi konsentrasi aktivator juga mempengaruhi hasil pengujian kadar air. Semakin besar konsentrasi aktivator maka semakin besar pula hasil kadar airnya. Hal ini dibuktikan dengan 100 mesh dengan konsentrasi aktivator 5% mendapatkan hasil kadar air 1,58% dan 100 mesh konsentrasi 10% mendapatkan hasil 1,72%.



Gambar-3. Hasil Uji Kadar Abu

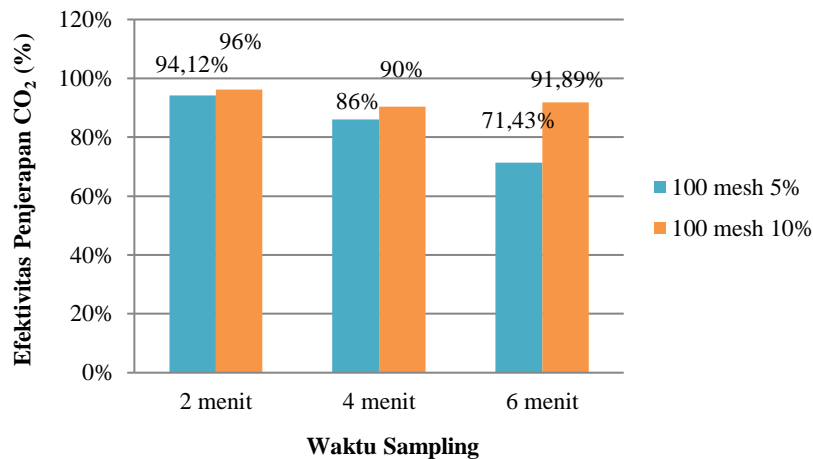
Untuk mengetahui banyaknya kandungan oksida logam yang berupa mineral terdapat pada bahan yang tidak dapat menguap selama proses penguapan dapat dilakukan dengan cara pengujian kadar abu[6]. Berdasarkan grafik hasil kadar abu yang diperoleh masih sangat tinggi melebihi baku mutu SNI 06-3730-1995. Kadar abu tinggi menyebabkan kadar adsorpsi dari karbon aktif sebagai adsorben semakin berkurang. Karbon aktif yang memiliki kadar abu tinggi disebabkan banyaknya pengotor yang berupa senyawa organik terkandung dalam karbon aktif[7]. Menurut Laba et al., (2020) sekam padi mempunyai kandungan silika yang tinggi yaitu sebesar 94-96%, silika adalah jenis oksida logam yang terkandung di dalam sekam padi. Sekam padi juga mengandung 13-39% abu[12]. Sekam padi mengandung silika serta abu yang tinggi, tetapi sekam padi juga mengandung karbon yang tinggi yaitu sebesar 48,73% sehingga berpotensi sebagai bahan pembuatan karbon aktif[5]. Variasi ukuran partikel mempengaruhi hasil kadar abu, dilihat dari hasil kadar abu 30 *mesh* lebih kecil dibandingkan dengan ukuran partikel 100 *mesh*. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi kandungan oksida logamnya, dan variasi konsentrasi aktivator tidak mempengaruhi hasil kadar abu.



Gambar-4. Hasil Uji Daya Serap Iodin

Untuk mengetahui dan menentukan kapasitas adsorpsi yang terkandung di dalam arang aktif dapat dilakukan dengan pengujian daya serap iodin[8]. Hasil uji daya serap iodin dari karbon aktif berbahan baku sekam padi yang diaktivasi menggunakan aktivator asam fosfat (H_3PO_4) 5% dan 10% telah mencapai syarat standar SNI 06-3730-1995. Hasil uji daya serap iodin yang terbaik yaitu karbon aktif berukuran 100 *mesh* dengan H_3PO_4 10% sebesar 1249,965 mg/g. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas

permukaannya dan semakin besar pula daya serap adsorpsinya. Dilihat dari variasi ukuran partikel 30 *mesh* dan 100 *mesh*, ukuran partikel 100 *mesh* lebih besar hasil daya serap iodinya dikarenakan 100 *mesh* mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan 30 *mesh*. Konsentrasi aktivator karbon aktif berpengaruh terhadap daya serap iodin karbon aktif. Konsentrasi H₃PO₄ yang besar dapat menambah daya serap iodin, hal ini dapat ditunjukkan pada aktivator H₃PO₄ 10%. Dilihat dari perbandingan ukuran karbon aktif 100 *mesh* 10% lebih baik dibanding karbon aktif 30 *mesh* 10%, dikarenakan pori-pori serta luas permukaan yang lebih lebar akan mempengaruhi daya adsorpsi terhadap karbon aktif tersebut[5].



Gambar-5. Hasil Uji Efektivitas Penjerapan CO₂

Hasil penelitian uji efektivitas penjerapan CO₂ menggunakan karbon aktif dari sekam padi teraktivasi H₃PO₄ dengan ukuran partikel 100 *mesh* serta konsentrasi aktivator 5% dan 10%. Pengujian penjerapan CO₂ dilakukan menggunakan karbon aktif berukuran 100 *mesh* dikarenakan 100 *mesh* lebih optimal pada nilai pengujian kadar air dan daya serap iodin dibandingkan dengan 30 *mesh*. Luas permukaan karbon aktif sangat mempengaruhi daya serap adsorpsi. Bertambah kecil ukuran partikel maka akan bertambah luas permukaannya[9]. Efektivitas konsentrasi terbaik yaitu karbon aktif dengan konsentrasi aktivator H₃PO₄ 10% sebesar 96,15%. Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka akan bertambah besar luas permukaan dalam karbon akibatnya daya serap karbon semakin besar dan semakin banyak CO₂ yang terjerap[10]. Dalam penelitian ini waktu sampling sangat mempengaruhi *inlet*, karena semakin lama waktu pengukuran maka semakin sedikit kandungan gas CO₂ dalam biogas, karena gas CO₂ sudah terjerap oleh karbon aktif, sehingga waktu yang paling efektif dalam penjerapan CO₂ yaitu waktu awal pengukuran.

4. KESIMPULAN

Media filter karbon aktif sekam padi menggunakan aktivator H₃PO₄ efektif sebesar 96,15% untuk menurunkan kadar CO₂ yang terdapat di dalam biogas. Karbon aktif dapat diperoleh dari sekam padi yang dikarbonisasi dengan suhu pemanasan 300⁰C dengan waktu 1 jam. Hasil karbonisasi diaktivasi dengan aktivator H₃PO₄ 5% dan 10% dan direndam 24 jam. Karbon aktif dikarakterisasi sesuai SNI 06-3730-1995 mengenai syarat mutu arang aktif teknis. Hasil kadar air telah memenuhi syarat standar antara 1-2% yang dimana nilai standar SNI dibawah 15%. Hasil kadar abu tidak memenuhi syarat standar yaitu sebesar 30-43% yang dimana nilai standar SNI dibawah 10% serta hasil uji daya serap iodin telah memenuhi syarat standar yaitu bernilai 1200-1250 mg/g dengan nilai standar SNI minimal 750 mg/g.

Dari hasil penelitian yang diperoleh, penulis dapat menyampaikan saran bagi penelitian selanjutnya antara lain yaitu dapat menambahkan lebih banyak karakteristik karbon aktif sesuai SNI 06-3730-1995, perlu adanya analisa karbon aktif mengenai ukuran pori dan kandungan karbon aktif, menambahkan lebih banyak variasi ukuran partikel serta variasi konsentrasi aktivator untuk mendapatkan efektivitas karbon aktif yang lebih baik sebagai penjerap CO₂ dalam biogas, serta penjerapan CO₂ seharusnya menggunakan alat *Gas Chromatography and Mass Spectroscopy* (GC-MS) agar lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nurhilal, P. Purwiyanto, and G. M. Aji, "Pengaruh Komposisi Dan Waktu Fermentasi Campuran Limbah Industri Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Kandungan Gas Methane Pada Pembangkit Biogas," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 6, no. 1, p. 47, 2020, doi: 10.31884/jtt.v6i1.239.
- [2] M. Islamiyah, "Perancangan Filter Purifikasi Biogas (CO₂, H₂S) Dengan Menggunakan Absorpsi (CaO, NaOH) Dan Water Scrubber," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- [3] P. Iriani and A. Heryadi, "Pemurnian Biogas Melalui Kolom Beradsorben Karbon Aktif," *Sigma-Mu Politek. Negeri Bandung*, vol. 6, no. 2, pp. 36–42, 2014.
- [4] A. Widyastuti, B. Sitorus, and A. Jayuska, "Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Adsorben Gas Dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 2, no. 1, pp. 30–33, 2013.
- [5] D. S. S. Putra, R. C. Pramudia, and O. A. Pratama, "Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Tekanan Terhadap Nilai Kalor dan Temperatur Pada Briket Campuran Sekam Padi dan Batu Bara," 2018.
- [6] P. M. Rohmah and A. S. Redjeki, "Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH," *Konversi*, vol. 3, no. 1, p. 20, 2014, doi: 10.1616/1476-2137.15487.
- [7] W. Collin and A. Purwanti, "Pembuatan Karbon Aktif dari Ranting Bambu Menggunakan Zat Aktivator Asam Phospat," *J. Inov. Proses*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [8] E. Erawati and A. Fernando, "Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*)," *J. Integr. Proses*, vol. 7, no. 2, p. 58, 2018, doi: 10.36055/jip.v7i2.3808.
- [9] B. S. Nasional, *SNI 06-3730-1995 Tentang Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*. Jakarta.
- [10] L. Maulinda, N. ZA, and D. N. Sari, "Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 2, p. 11, 2017, doi: 10.29103/jtku.v4i2.69.
- [11] F. Laba, A. Kasim, and H. H. Saintis, "Pembuatan Arang Aktif Sekam Padi Untuk Adsorpsi Cod Limbah Laundry," *Saintis*, vol. 1, no. 2, pp. 19–24, 2020.
- [12] L. Trivana, S. Sugiarti, and E. Rohaeti, "Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na₂SiO₃) Dari Sekam Padi," *J. Sains & Teknologi Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 66–75, 2015, doi: 10.20885/jstl.vol7.iss2.art1.
- [13] E.- Sahara, W. D. Sulihingtyas, and I. P. A. S. Mahardika, "PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF DARI BATANG TANAMAN GUMITIR (*Tagetes erecta*) YANG DIAKTIVASI DENGAN H₃PO₄," *J. Kim.*, pp. 1–9, 2017, doi: 10.24843/jchem.2017.v11.i01.p01.
- [14] Legiso, H. Juniar, and U. M. Sari, "Perbandingan Efektivitas Karbon Aktif Sekam Padi Dan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Air Sungai Enim," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2019*, pp. 1–13, 2019.
- [15] A. K. Samlawi and H. Sajali, "Efektivitas Penggunaan Arang Tempurung Kelapa, Arang Amerika, Arang Kayu Laban Dan Arang Kayu Galam Terhadap Pemurnian Biogas," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 6, no. 2, pp. 162–173, 2021, doi: 10.20527/sjmekinematika.v6i2.200.