

## Jurnal Kemuhmadiyah dan Integrasi Ilmu

### PERSPEKTIF MUHAMMADIYAH TERHADAP KARAKTERISASI *BIOCHAR* DARI AMPAS TEBU

Jaka Kuncara<sup>1)</sup> \*

<sup>1)</sup> Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan  
Jalan Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul,  
Daerah Istimewa Yogyakarta 55191

\* [2307054008@webmail.uad.ac.id](mailto:2307054008@webmail.uad.ac.id)

#### ABSTRAK

Rekayasa pemanfaatan limbah organik telah banyak dilakukan salah satunya memproduksi biochar dari limbah ampas tebu. Biochar adalah bahan yang mengandung karbon yang diproduksi dengan menguraikan bahan organik melalui proses pirolisis, Produksi biochar skala industri terus dikembangkan, termasuk pemanfaatannya. Biochar memiliki potensi besar untuk mitigasi perubahan iklim, memperbaiki kualitas tanah, sebagai katalis atau adsorben dan sebagai energi alternatif terbarukan. Muhammadiyah memberikan pedoman bagi warganya dalam hal ilmu, teknologi, energi dan lingkungan. Kajian pembuatan dan karakterisasi biochar dapat dilihat dari perspektif kemuhmadiyah. Pembahasan ini menggunakan analisa kualitatif deskriptif. Data yang diteliti didapatkan dari data penelitian biochar, dan makalah yang bersumber dari khazanah kepustakaan kemuhmadiyah. Pembahasan kepustakaan bersumber dari studi kasus, kajian pemikiran, dan analisa buku dan jurnal. Hasil karakterisasi memberikan informasi bahwa biochar dapat digunakan sesuai dengan karakterisasinya. Perspektif kemuhmadiyah berkesesuaian dengan Risalah Islam Berkemajuan, Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah serta Fiqih Transisi Energi Berkeadilan Muhammadiyah. Setiap warga Muhammadiyah wajib menguasai dan memiliki keunggulan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Penguasaan ilmu dan teknologi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan iman dan amal shaleh serta pemanfaatannya untuk kemaslahatan merupakan wujud ibadah, jihad dan dakwah. Hasil pembahasan menunjukkan kebesaran Allah SWT sebagai pencipta alam semesta, serta bagi umat yang beriman berkewajiban bersyukur atas anugerah yang tidak terduga serta menjadikan iman yang semakin kuat.

**Kata kunci:** Biochar, Muhammadiyah, Syukur

#### PENDAHULUAN

Pemanasan global dan peningkatan emisi gas rumah kaca menjadi isu lingkungan yang semakin mendesak untuk diatasi. Salah satu solusi yang muncul adalah penerapan teknologi karbonisasi biomassa untuk menghasilkan *biochar*

(Bo et al., 2023). *Biochar* adalah bahan yang mengandung karbon yang diproduksi dengan menguraikan bahan organik melalui proses seperti pirolisis, karbonisasi hidrotermal, gasifikasi, dan torrefaksi (Zhang et al., 2019). *Biochar* memiliki potensi besar untuk mitigasi perubahan iklim, memperbaiki kualitas tanah, serta menyerap polutan

(Choghamarani et al., 2019; Shalini et al., 2021). Ampas tebu, limbah padat yang dihasilkan selama pembuatan gula, adalah salah satu biomassa yang dapat diolah menjadi *biochar* (Deng et al., 2017; Zafeer et al., 2024). Indonesia adalah salah satu produsen gula terbesar di dunia, menghasilkan jumlah ampas tebu yang melimpah setiap tahun (Setiati et al., 2020). Ampas tebu umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam industri gula, namun sebagian besar masih belum dimanfaatkan secara optimal (Leko et al., 2021; Gond et al., 2021). Pengolahan ampas tebu menjadi *biochar* tidak hanya dapat mengurangi volume limbah, tetapi juga memberikan nilai tambah berupa produk yang memiliki berbagai manfaat, terutama dalam sektor pertanian dan lingkungan (Ajala et al., 2021; Hiranobe et al., 2024). Karakterisasi *biochar* yang dihasilkan dari bahan baku ampas tebu pada skala industri menjadi penting untuk mengetahui sifat fisik, kimia, dan fungsional *biochar* yang dihasilkan. Karakterisasi ini diperlukan untuk memastikan *biochar* dapat digunakan secara optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi, seperti dalam perbaikan tanah, pengelolaan limbah, dan penyerapan polutan (Ajala et al., 2021).

Beberapa penulis telah melakukan penelitian pirolisis ampas tebu, namun hanya dalam skala kecil (Varhegyi et al., 1989). Pabrik pirolisis skala besar telah ditemukan tetapi dengan bahan baku lain (Oasmaa et al., 2015). Produksi *biochar* telah berkembang dalam skala laboratorium dan kini mulai diaplikasikan dalam skala industri (Libardi & Castilhos, 2024). Beberapa negara telah memproduksi *biochar* skala industri dengan bahan baku seperti kayu, rumput, tongkol jagung, jerami, sekam, dan ampas tebu (Miranda et al., 2021; Prochnow et al., 2024).

Pembahasan *biochar* telah dilakukan antara lain aplikasi *biochar* untuk pembenah tanah, sifat fisika, kimia dan biologi tanah dapat diperbaiki. Hasilnya dapat meningkatkan porositas, kapasitas

tanah dalam menahan air, pH, kapasitas tukar kation, karbon organik, retensi, kesediaan hara dan meningkatkan kehidupan mikroba serta makro fauna tanah. (Evizal et al., 2023; Suryani et al., 2023). Dengan menggunakan *biochar* sebagai adsorben, kadar besi dan mangan yang tinggi dalam limbah asam air tambang dapat dikurangi (Imani et al., 2021), *Biochar* yang terbuat dari ampas tebu digunakan sebagai adsorben logam berat Cd, Cu, dan Cr (Tasanif et al., 2020; Apriliani, 2010). *Biochar* ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai katalis reaksi kimia (Jamilatun et al., 2022), penelitian lain *biochar* ampas tebu sebagai katalis padat untuk produksi biodiesel dari residu limbah industri kelapa sawit (Hidayat et al., 2021). Kajian *biochar* dalam perspektif kemuhammadiyah relatif masih jarang ditemui. Pendekatan yang didasarkan pada nilai-nilai kemuhammadiyah, seperti keberlanjutan, kesejahteraan umat, dan pengelolaan alam yang bertanggung jawab, dapat memberikan wawasan baru mengenai penerapan teknologi *biochar* dalam perspektif kemuhammadiyah.

Muhammadiyah, sebagai organisasi Islam yang berkomitmen pada pembaharuan dan kemajuan, telah mengembangkan pemikiran dan pedoman yang signifikan bagi warganya, terutama melalui konsep Islam Berkemajuan dan Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah (PHIWM). Muhammadiyah bertujuan memurnikan ajaran Islam dan mengembalikan umat kepada prinsip-prinsip yang beresumber dari Al Qur'an dan Sunnah (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2022). Amar ma'ruf nahi munkar adalah dua prinsip utama ajaran Muhammadiyah (menyuruh kepada kebaikan dan mencegah kemunkaran) dan tajdid (pembaharuan). Muhammadiyah berupaya untuk menegakkan ajaran Islam yang sebenar-benarnya dengan mengedepankan pemahaman yang dinamis dan relevan dengan konteks sosial masyarakat. Warga Muhammadiyah diminta untuk memahami Islam tidak hanya sebagai agama pribadi, tetapi juga

sebagai sistem kehidupan yang meliputi semua aspek sosial, ekonomi, dan pendidikan (Pimpinan Pusat Muhammadiyah Yogyakarta, 2023; Hidayati & Maksam, 2024).

Konsep Islam Berkemajuan yang dikembangkan oleh Muhammadiyah bertujuan untuk menghadirkan Islam sebagai pencerahan bagi kehidupan, dengan penekanan pada emansipasi dan humanisasi. Ini adalah upaya untuk memperluas perspektif keagamaan yang didasarkan pada Al Qur'an dan Sunnah, sambil tetap relevan dengan tantangan zaman modern. Muhammadiyah berusaha menjadikan ajaran Islam adaptif dan responsif terhadap masalah kemanusiaan, sehingga dapat membawa kemajuan bagi peradaban umat manusia. Implementasi dari konsep ini terlihat dalam berbagai amal usaha yang dijalankan oleh Muhammadiyah, termasuk dalam bidang kesehatan, pendidikan dan pemberdayaan masyarakat. Muhammadiyah tidak hanya fokus pada aspek spiritual, tetapi juga berupaya meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan. (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022).

Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah (PHIWM) merupakan seperangkat norma serta nilai yang bersumber dari Al Qur'an dan Sunnah, dirumuskan agar menjadi pedoman dalam kehidupan sehari-hari warga Muhammadiyah. Pedoman ini meliputi berbagai aspek kehidupan, antara lain pribadi, keluarga, bermasyarakat, berorganisasi, serta pengelolaan amal usaha. PHIWM bertujuan membentuk perilaku yang mencerminkan keteladanan (uswah hasanah) di kalangan anggota (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2000).

Teknologi dan ilmu pengetahuan merupakan capaian manusia yang harus digunakan dalam memahami dan mengamalkan agama (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022). Muhammadiyah tidak hanya berfungsi sebagai organisasi keagamaan, namun juga sebagai gerakan sosial yang

berkontribusi pada kemajuan masyarakat Indonesia secara keseluruhan.

Dalam makalah ini akan melihat produksi *biochar* skala industri dengan bahan baku dari ampas tebu dan manfaatnya dari sisi perspektif kemuhammadiyah.

Dengan dasar pemahaman mengenai *biochar*, dan kemuhammadiyah tersebut di atas, pembahasan ini bertujuan untuk melihat potensi *biochar* ampas tebu skala industri dan manfaatnya dari sisi perspektif kemuhammadiyah, dengan harapan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan solusi yang lebih berkelanjutan dan bermanfaat bagi masyarakat.

## METODE

Pembahasan ini menggunakan analisa kualitatif deskriptif. Data yang diteliti didapatkan dari data penelitian *biochar*, dan makalah yang bersumber dari khazanah kepustakaan kemuhammadiyah. Kepustakaan bersumber dari studi kasus, kajian pemikiran, dan analisa buku dan jurnal. Dalam makalah ini akan menyajikan kajian data hasil penelitin, aplikasi *biochar* dan pemikiran yang bersumber dari buku, pemikiran, tadjid atau jurnal (Ferdiansyah & Ma'ruf, 2022)

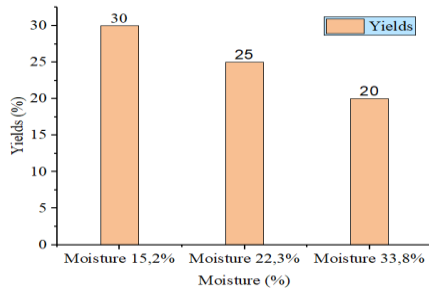
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian Karakterisasi *Biochar* dan Kemuhammadiyah

Untuk mencapai kebahagiaan dunia dan akherat, Muhammadiyah mewajibkan anggota masyarakatnya untuk menguasai dan memiliki keunggulan dalam bidang teknologi dan ilmu pengetahuan. (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2000). Dalam beragama harus disertai kemampuan pengetahuan dan teknologi supaya dapat memahami kekayaan dan keunggulan agama Islam (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022). Sebagai salah satu implementasinya dilakukan penelitian berupa karakterisasi *biochar* dengan menggunakan bahan

baku berupa ampas tebu dengan reaktor *Rotary Carbonization Furnace* dengan rentang waktu tinggal 52,47menit, 24,73 menit dan 7,23 menit serta suhu pirolisis 350 °C, 400 °C dan 450 °C. Hasil penelitian sebagai berikut:

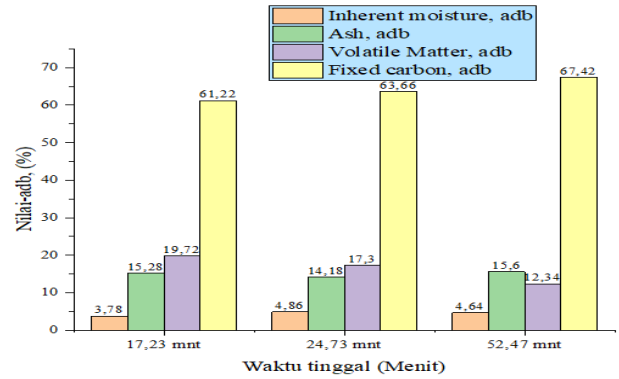
- Produksi *biochar* skala industri dipengaruhi oleh *moisture* ampas tebu, semakin tinggi *moisture* ampas tebu, maka *biochar yield* semakin menurun. *Biochar yield* tertinggi adalah 30 % pada *moisture* ampas tebu 15,2%. Keterkaitan *moisture* dengan *yields* dapat dilihat pada Gmbar 1.



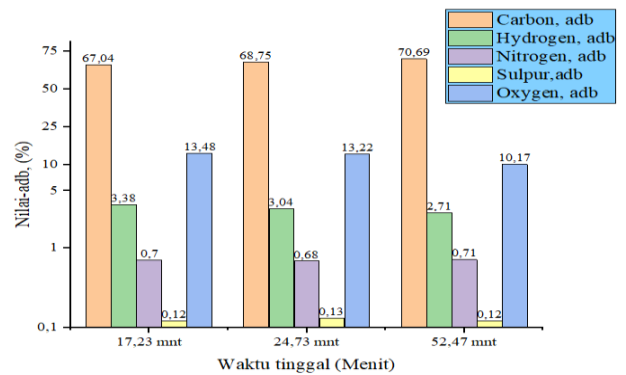
Gambar 1. *Moisture vs yields*

- Waktu tinggal pirolisis skala industri mempengaruhi hasil uji *proximate* bahwa dengan meningkatnya waktu tinggal, maka *volatile matter* menurun, sebaliknya *fixed carbon* meningkat, sedangkan *inherent moisture* naik mencapai 4,86 % pada waktu tinggal 24,73 menit kemudian menurun, untuk abu menurun mencapai 14,8% pada waktu tinggal 24,73 menit kemudian naik. Gambar 2, menunjukkan hasil analisa *proximate* dengan waktu tinggal bervariasi. Pengaruh terhadap uji *ultimate* diamati bahwa dengan meningkatnya waktu tinggal, maka kadar hidrogen dan oksigen menurun sedangkan karbon meningkat. Sulfur dan nitrogen punya kecenderungan stabil. Hasil uji *ultimate* dengan waktu tinggal bervariasi dapat dilihat pada Gambar 3. Seiring meningkatnya suhu pirolisis, *gross calory value* (GCV) juga meningkat.

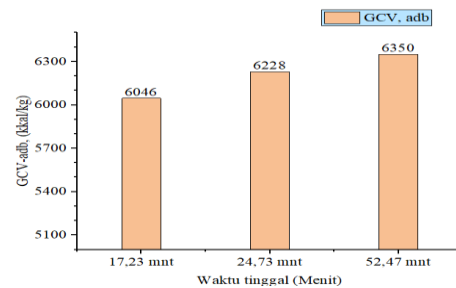
Hasil uji *gross calory value* dengan waktu tinggal bervariasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2: Analisa *proximate* pada suhu 400 °C dengan waktu tinggal bervariasi



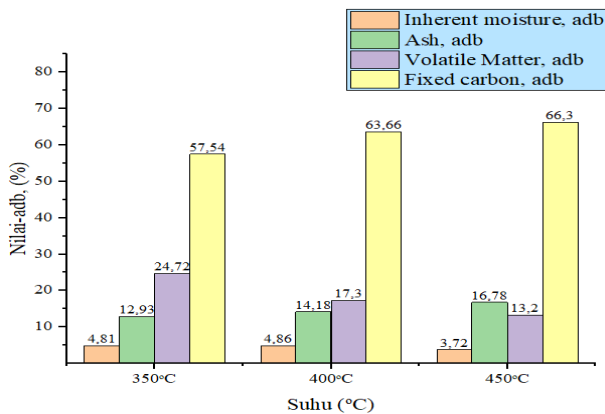
Gambar 3: Analisa *ultimate* pada suhu 400 °C dengan waktu tinggal bervariasi



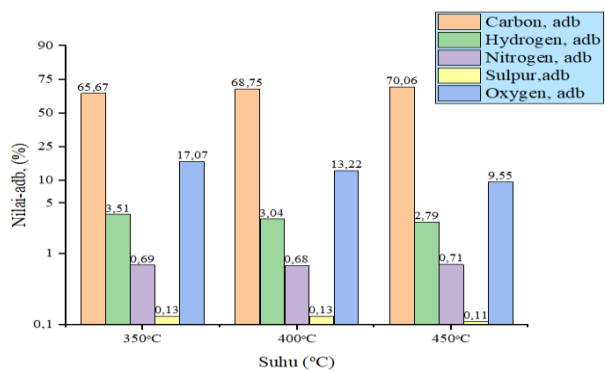
Gambar 4. *Gross calory value* pada suhu 400 °C dengan waktu tinggal bervariasi

- Suhu pirolisis skala industri juga mempengaruhi hasil uji *proximate* bahwa dengan meningkatnya suhu pirolisis, maka

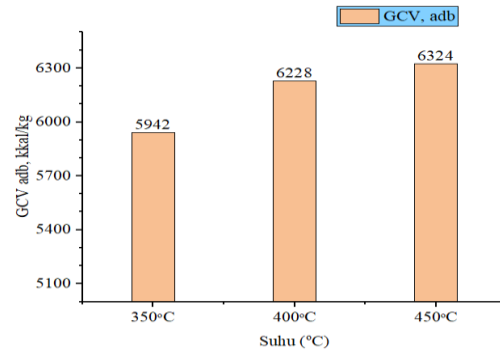
parameter kadar abu dan *fixed carbon* meningkat, sedangkan parameter *volatile matter* menurun. *Inherent moisture* naik mencapai 14,16 % pada suhu 400 °C kemudian menurun. Hasil uji *proximate* dengan suhu bervariasi dapat dilihat pada Gambar 5. Pengaruh terhadap uji *ultimate* diamati bahwa dengan meningkatnya suhu pirolisis, maka parameter karbon meningkat sedangkan parameter hidrogen dan oksigen menurun. Hasil uji *ultimate* dengan suhu bervariasi dapat dilihat pada Gambar 6. Seiring meningkatnya suhu pirolisis, *Gross Calory Value* (GCV) juga meningkat. Hasil uji *gross calory value* dengan suhu bervariasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 5. Analisa *proximate* pada waktu tinggal 24,73 menit dengan suhu bervariasi

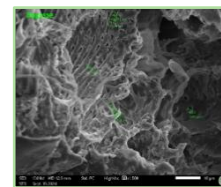


Gambar 6: Analisa *ultimate* pada waktu tinggal 24,73 menit dengan suhu bervariasi

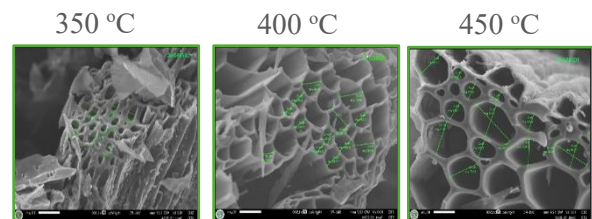


Gambar 7. *Gross calory value* pada waktu tinggal 24,73 menit dengan suhu bervariasi

- Suhu pirolisis skala industri juga mempengaruhi struktur *biochar*. Pada suhu 350°C, bentuk *biochar* memiliki struktur morfologi dengan pori-pori dengan ukuran yang cukup kecil, diameter pori terbesar 3,947 µm. Namun, struktur morfologi berubah menjadi tambah besar seiring dengan kenaikan suhu dimana pada suhu 450 °C didapatkan diameter pori terbesar adalah 21,150 µm. Hasil uji morfologi ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 7, dan morfologi *biochar* dengan suhu bervariasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Morfologi ampas tebu



Gambar 8. Morfologi *biochar* dengan waktu tinggal 24,73 menit dan suhu bervariasi



Perspektif kemuhammadiyah terhadap pembuatan *biochar* dari ampas tebu sebagai berikut:

a. Risalah Islam Berkemajuan

Risalah Islam Berkemajuan mendorong umat Islam untuk terus maju dalam teknologi dan ilmu pengetahuan serta tetap berpedoman pada nilai-nilai Islam (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022). pembuatan *biochar* dari ampas tebu dan karakterisasinya sejalan dengan prinsip ijtihad (usaha untuk mencari solusi berdasarkan pengetahuan) untuk memanfaatkan limbah industri menjadi produk yang bernilai. Proses pembuatan *biochar* dari ampas tebu ini juga mencerminkan prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam, yang sangat diperhatikan dalam Islam.

Pembuatan *biochar* dari ampas tebu dapat dipandang sebagai bentuk pemanfaatan ilmiah dan teknologi untuk mengurangi limbah tebu yang seringkali dibuang begitu saja, menjadi bahan yang bermanfaat. Proses pirolisis, yang digunakan untuk menghasilkan *biochar*, tidak hanya mengubah limbah menjadi energi terbarukan atau bahan untuk memperbaiki kualitas tanah, tetapi juga menciptakan peluang untuk mengurangi dampak negatif dari pembakaran terbuka atau pembusukan limbah.

Penelitian dan pemahaman karakteristik *biochar* yang dihasilkan dari ampas tebu dapat diaplikasikan sebagai pembenah tanah, katalis, adsorben dan energi alternatif terbarukan. Hal ini juga sejalan dengan prinsip mashlahah (kemaslahatan) dalam Islam, yang mendorong penggunaan ilmu pengetahuan untuk kemanfaatan umat dan menjaga kelestarian bumi.

Dalam Islam diajarkan untuk tidak hanya bergantung pada solusi yang sudah ada, tetapi juga untuk terus mengembangkan dan memperbarui teknologi yang ada demi kebaikan umat. Tadjid dalam konteks ini adalah sebuah upaya untuk menghidupkan kembali pemanfaatan limbah melalui

pengetahuan ilmiah yang lebih maju dan terintegrasi dengan kehidupan umat.

Surah yang terkat:

- Surah Al-Baqarah (2:164):

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْقُلُوبِ  
الَّتِي تَجْرِي فِي الْبُحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ  
مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَنَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ  
وَتَصْرِيفِ الرِّيحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ  
لَايَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

Dimaknai: Allah, yang menciptakan langit dan bumi untuk manusia, maka manusia harus memperhatikan dan merenungkan rahmat Allah yang Mahasuci itu, karena jika mereka melihat apa yang ada di alam, mereka akan lebih yakin pada keesaan dan kekuasaan-Nya dan lebih memahami apa yang Allah ciptakan, dengan pengetahuan itu dapat dimanfaatkan sebagaimana yang Allah yang Maha mengetahui kehendaki (Kementrian Agama RI, 2011b). Pembuatan dan karakterisasi *biochar* adalah salah satu cara untuk memahami potensi tersebut dan menggunakannya untuk kebaikan umat.

b. Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah

Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah menekankan pada prinsip-prinsip pengelolaan kehidupan yang berlandaskan nilai-nilai Islam dan berorientasi pada kemaslahatan umat. Hasil penelitian membawa refleksi bahwa Allah SWT sudah memberikan anugerah yang besar beserta manfaatnya. Dalam Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah diwajibkan untuk melaksanakan dan mengamalkan salah satunya “Kehidupan Dalam Mengembangkan Profesi” dan mengandung kriteria bahwa anggota Muhammadiyah, terlepas dari profesinya, harus bersyukur kepada Allah ketika mereka menerima nikmat, bersabar, dan bertawakal kepada Allah ketika mereka menghadapi musibah, sehingga

mereka dapat mendapat pahala dan selamat dari siksa. Bersyukur atas kebesaran Allah SWT merupakan kewajiban setiap warga Muhammadiyah (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2000). Hasil penelitian karakterisasi *biochar* memberikan bukti kebesaran Allah SWT antara lain:

- Allah SWT sebagai pencipta alam semesta. Proses pembuatan dan karakterisasi *biochar* menunjukkan bagaimana berbagai bahan organik dapat terurai dan bertransformasi menjadi produk yang bermanfaat.
- Allah SWT sebagai penguasa alam semesta dan segala yang maha mengerti. *Biochar* berperan dalam menyimpan karbon, proses yang mencerminkan siklus komponen alam yang mampu menjaga kesetimbangan alam.
- Allah sebagai pencipta manusia dengan memberikan akal. Kemampuan manusia untuk mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan mencerminkan potensi yang Allah SWT telah berikan, menunjukkan gambaran bahwa Allah memberikan akal untuk menemukan solusi terhadap tantangan lingkungan.

## Pemanfaatan *Biochar* dan Implementasi Kemuhmmadiyah

### a. *Biochar* Sebagai Pembenh Tanah

Pemberian *biochar* ke lapisan tanah pertanian akan mempunyai banyak manfaat, termasuk memperbaiki struktur tanah, melindungi air, meningkatkan karbon organik dalam tanah serta meningkatkan pH tanah (Chan et al., 2007; Sujana & Pura, 2015). Penambahan *biochar* pada lapisan tanah secara tidak langsung meningkatkan produksi tanaman. *Biochar* sebagai bahan pembenh alami tanah dari berbagai jenis limbah pertanian, memengaruhi produktivitas lahan kering. (Ridwan et al., 2015; Suryani et al., 2023).

Pemanfaatan *biochar* sebagai pembenh tanah dengan memperhatikan produktivitas dan

pelestarian fungsi lingkungan (Herlambang et al., 2021) dan dari sisi kemuhmmadiyah bersesuaian dengan Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah yaitu sebuah seperangkat nilai maupun norma Islam yang berdasarkan dari Al Qur'an dan Sunnah untuk menjadi panduan perilaku warga Muhammadiyah dalam mengamalkan Islam dalam berkehidupan beserta lingkungan sehari-hari, sehingga mewujudkan implementasi *living* Quran dalam mewujudkan masyarakat Islam yang sebenar-benarnya (Cahyo Dwi & Dahliana, 2023). Muhammadiyah melalui Majelis Lingkungan Hidup (MLH), mencanangkan sebuah visi dan misi kepedulian terhadap lingkungan kedepan yakni, dengan meningkatnya kesadaran, kepedulian, dan perilaku ramah lingkungan di kalangan warga Muhammadiyah dan masyarakat pada umumnya sebagai bagian dari pelaksanaan amar ma'ruf nahi munkar. (Cahyo Dwi & Dahliana, 2023).

Perspektif kemuhmmadiyah terhadap pemanfaatan *biochar* sebagai pembenh tanah sebagai berikut:

Risalah Islam Berkemajuan mengedepankan nilai-nilai progresif yang terintegrasi dengan pemahaman agama Islam dan penerapannya dalam konteks modern (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022). Pemanfaatan *biochar* sebagai pembenh tanah, yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan menyerap karbon, sejalan dengan prinsip-prinsip Islam yang mendukung keberlanjutan lingkungan dan pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk kemaslahatan umat. Konsep keberlanjutan dalam Islam memberi tuntunan bahwa manusia adalah khalifah di bumi yang harus memelihara dan menjaga alam semesta dengan cara-cara yang bertanggung jawab.

Surah yang terkait:

- Surah Ar-Rum (30:41)

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ  
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Dimaknai: Kerusakan di bumi diakibatkan oleh perbuatan manusia dan perbuatan itu bukan dilakukan oleh orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena ia tahu bahwa perbuatannya akan dipertanggungjawabkan di depan Allah (Kementrian Agama RI, 2011c). Hal ini mengisyaratkan pentingnya tindakan pemulihan dan perbaikan seperti dilakukan dengan *biochar*.

Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah (PHIWM) mendorong agar setiap individu menjalani kehidupan yang selaras dengan nilai-nilai Islam, termasuk dalam menjaga dan memelihara alam sekitar. Muhammadiyah sebagai organisasi yang mengutamakan inovasi dan kemajuan tidak hanya mengedepankan aspek ibadah individual, tetapi juga pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk perbaikan kehidupan bersama, termasuk di bidang lingkungan (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2000). PWIHM mengtur bahwa:

- Alam sekitar, merupakan anugerah Allah yang tidak boleh dirusak sebaliknya harus dijaga, dipelihara.
- Setiap anggota Muhammadiyah diwajibkan melaksanakan konservasi yang meliputi sumber daya alam dan ekosistemnya.
- Setiap anggota Muhammadiyah tidak boleh dilakukan apa pun yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan alam, termasuk kehidupan hayati seperti hewan dan pohon, serta lingkungan fisik dan biotik seperti air laaut, udara, sungai, dan sebagainya. Surah yang terkait:

- Surat Al Ar'raf Ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Dimaknai: Allah melarang manusia untuk tidak membuat kerusakan di muka bumi (Kementrian Agama RI, 2011d). Pemanfaatan *biochar* sebagai pembenah tanah, merupakan tindakan untuk upaya perbaikan.

- Surah Al Rum Ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Dimaknai: Kerusakan di bumi diakibatkan oleh perbuatan manusia dan perbuatan itu bukan dilakukan oleh orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena ia tahu bahwa perbuatannya akan dipertanggungjawabkan di depan Allah (Kementrian Agama RI, 2011a). Hal ini mengisyaratkan pentingnya tindakan pemulihan dan perbaikan seperti dilakukan dengan *biochar*.

Majelis Lingkungan Hidup Muhammadiyah sebagai lembaga yang mengawal isu lingkungan hidup memiliki pedoman yang jelas dalam mendukung upaya-upaya pelestarian alam. Majelis Lingkungan Muhammadiyah menekankan pada upaya-upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan serta mendorong setiap warga untuk terlibat dalam upaya pemeliharaan dan perbaikan alam sebagai bentuk ibadah dan kepedulian sosial (Cahyo Dwi & Dahliana, 2023) (Zaman et al., 2021). Salah satu keputusan yang relevan adalah mendukung penggunaan teknologi ramah lingkungan yang dapat membantu mengurangi kerusakan alam. Penggunaan *biochar* untuk memperbaiki tanah sekaligus mengurangi emisi karbon menjadi salah satu solusi yang sangat relevan dalam konteks ini.

### **Biochar Sebagai Katalis dan Adsorben**

Katalis berbasis *biochar* memiliki beberapa keunggulan. Pertama, produksi *biochar* murah dan mudah karena bahan bakunya yang dapat diperbarui dan teknik sintesis yang telah dikembangkan dengan baik. Kedua, ada banyak pendekatan yang telah dikembangkan untuk mengubah sifat fisikokimia *biochar* sesuai dengan tujuan tertentu. Ketiga, sifat intrinsik *biochar*, seperti gugus fungsi permukaan



dan keberadaan spesies anorganik, dapat membantu peranannya sebagai katalis atau pendukung katalis. Katalis berbasis *biochar* dapat sebagai alternatif yang bagus dikarenakan katalis konvensional yang mahal atau tidak terbarukan (Cheng & Li, 2018). Katalis berbasis *biochar* dalam bioreaktor dapat membantu mencapai netralitas karbon dengan menghasilkan bahan kimia dan bahan bakar dengan jejak karbon rendah (Yuan et al., 2023).

*Biochar* ampas tebu menyerap ion fosfat dengan sempurna, yang kemudian berfungsi sebagai adsorben terbaik dalam limbah *laundry* (Nurbaeti et al., 2018). Penerapan *biochar* sebagai adsorben yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk menghilangkan pewarna beracun (pewarna) dari lingkungan berair (Srivatsav et al., 2020).

Perspektif kemuhammadiyah terhadap pemanfaatan *biochar* sebagai katalis dan adsorben sebagai berikut:

Risalah Islam Berkemajuan mengajarkan penerapan teknologi dan ilmu pengetahuan sebagai kemaslahatan umat manusia dengan memanfaatkan segala potensi yang Allah SWT berikan (Herlina & PP Muhammadiyah, 2022), termasuk dalam bidang kimia. *Biochar* sebagai bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap polutan atau bahan berbahaya) dan katalis dalam berbagai reaksi kimia, sehingga *biochar* memiliki potensi yang besar untuk pengembangan sebagai adsorben dan katalis.

Pemanfaatan *biochar* ini sejalan dengan prinsip ijtihad (usaha dan pencarian solusi melalui pengetahuan), yang sangat penting dalam Risalah Islam Berkemajuan. Islam mengajarkan umatnya untuk tidak hanya menerima ilmu yang ada, tetapi juga terus berkembang dan mencari inovasi yang bermanfaat untuk umat manusia, termasuk dalam bidang sains dan teknologi. Penggunaan *biochar* sebagai adsorben dan katalis mencerminkan ikhtiar (usaha) umat Islam untuk memanfaatkan teknologi untuk perbaikan kehidupan. Surah yang terkait:

- Surah Al-Baqarah (2:164)

وَالْفَلَكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَع النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لِيَتَّبِعُوا لِقَوْمٍ يَعْطُونَ ﴿١٦٤﴾

Dimaknai: Allah, yang menciptakan langit dan bumi untuk manusia, maka manusia harus memperhatikan dan merenungkan rahmat Allah yang Mahasuci itu, karena jika mereka melihat apa yang ada di alam, mereka akan lebih yakin pada keesaan dan kekuasaan-Nya dan lebih memahami apa yang Allah ciptakan, dengan pengetahuan itu dapat dimanfaatkan sebagaimana yang Allah yang Maha mengetahui kehendaki (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2011). Hal ini mencerminkan ajakan untuk memanfaatkan pengetahuan ilmiah dalam mengelola bumi dengan baik, seperti pemanfaatan *biochar* yang mendukung kelestarian alam.

Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah mendorong penerapan ajaran Islam dalam kehidupan sehari-hari secara praktis, termasuk dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pemanfaatan *biochar* sejalan dengan prinsip amar ma'ruf nahi munkar, di mana umat Islam didorong untuk berperan aktif dalam memelihara dan memperbaiki bumi. Menggunakan *biochar* untuk mengurangi polusi dan mendukung proses kimia yang lebih bersih merupakan langkah positif dalam memperbaiki kondisi lingkungan dan mengurangi kerusakan yang dapat terjadi akibat teknologi yang tidak ramah lingkungan.

Dalam Muhammadiyah terkait Pedoman Hidup Islam bahwa Kehidupan Dalam Mengembangkan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi menjelaskan bahwa (Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2000):

- Penguasaan teknologi dan ilmu pengetahuan adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dengan iman dan amal shaleh. Surah yang terkait:

- Surah Al Mujadilah ayat 11;

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَسَسَّؤُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا  
بِفَسْحِ اللَّهِ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا فَانشُرُوا بِرَفْعِ اللَّهِ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ  
وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿١١﴾

Dimaknai: Allah akan mengangkat derajat orang yang beriman, taat dan patuh kepadanya Nya termasuk orang yang berilmu yang menggunakan ilmunya untuk menegakkan kalimat Allah. Allah Maha Mengetahui semua yang dilakukan manusia dan akan memberikan balasan yang adil sesuai dengan perbuatannya (Kementerian Agama RI, 2011a). Dalam hal pemanfaatan *biochar* sebagai adsorben dan katalis, ayat ini mengandung nilai yang relevan dalam mendorong kita untuk terus mengembangkan teknologi dan ilmu pengetahuan, serta memanfaatkan untuk umat dan lingkungan.

- Ali 'Imran · Ayat 7

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ عَلَيْكَ الْكِتَابَ مِنْهُ آيَاتٌ مُحْكَمَاتٌ هُنَّ أُمُّ الْكِتَابِ وَأُخَرُ  
مُتَسَلِّحَاتٌ فَأَمَّا الَّذِينَ فِي قُلُوبِهِمْ رَيْغٌ فَيَتَّبِعُونَ مَا تَشَابَهَ مِنْهُ ابْتِغَاءَ  
الْفِتْنَةِ وَابْتِغَاءَ تَأْوِيلِهِ وَمَا يَعْلَمُ تَأْوِيلَهُ إِلَّا اللَّهُ وَالرَّاسِخُونَ فِي  
الْعِلْمِ يَقُولُونَ آمَنَّا بِهِ كُلٌّ مِنْ عِنْدِ رَبِّنَا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو  
الْأَلْبَابِ ﴿٧﴾

Dimaknai; Allah menerangkan sifat orang yang dalam ilmu pengetahuannya, yaitu orang yang suka memperhatikan makhluk Allah, suka memikirkan dan merenungkannya. Dan berfikir semata-mata karena Allah dan untuk mencari kebenaran (Kementerian Agama RI, 2011b).

- Setiap warga Muhammadiyah diwajibkan untuk mengajarkan kepada masyarakat, memberi peringatan, memanfaatkan bagi kemashlahatan dan mencerahkan kehidupan sebagai bentuk ibadah, jihad dan dakwah. Surah yang terkait:

- Surat Al-Baqarah Ayat 151

كَمَا أَرْسَلْنَا فِيكُمْ رَسُولًا مِنْكُمْ يَتْلُوا عَلَيْكُمْ آيَاتِنَا وَيُزَكِّيكُمْ  
وَيُعَلِّمُكُمُ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَيُعَلِّمُكُم مَّا لَمْ تَكُونُوا تَعْلَمُونَ ﴿١٥١﴾

Dmaknai: Di antara penyempurnaan nikmat itu ialah dengan mengutus seorang rasul, yaitu Muhammad SAW, yang membacakan ayat-ayat Allah, membebaskan umat dari penyakit syirik dan kejahatan-kejahatan jahiliah, mengajarkan Al-Qur'an serta hikmah, dan mengajarkan apa yang mereka belum ketahui sehingga umat islam menjadi umat yang memimpin manusia ke arah kemajuan dan kebahagiaan (Kementerian Agama RI, 2011b). Pemanfaatan *biochar* sebagai adsorben dan katalis dalam proses kimia dapat dipahami sebagai salah satu bentuk penerapan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi umat dan lingkungan, sesuai prinsip yang terkandung dalam ayat ini.

### Pemanfaatan *Biochar* Sebagai Energi Alternatif Terbarukan

*Biochar* akan menjadi sumber energi terbarukan yang berkelanjutan untuk menciptakan energi yang aman di seluruh dunia (Kant Bhatia et al., 2021). Penggunaan *biochar* sebagai sumber energi dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Pemanfaatan *biochar* sebagai bahan energi alternatif terbarukan merupakan langkah strategis dalam mengurangi penggunaan energi fosil dan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Dalam perspektif Muhammadiyah, yang menganut ajaran Islam yang berkemajuan, pemanfaatan *biochar* sebagai energi terbarukan memiliki relevansi dalam upaya untuk mencapai kemaslahatan umat dan menjaga kelestarian alam.

Perspektif kemuhammadiyah terhadap pemanfaatan *biochar* sebagai sumber energi alternatif terbarukan sebagai berikut:

Muhammadiyah, sebagai organisasi yang berkomitmen pada kemajuan umat, selalu mendukung penerapan teknologi dan ilmu pengetahuan yang memberi manfaat untuk masyarakat luas. Dalam hal ini, *biochar* yang

dihasilkan dari limbah organik, seperti ampas tebu yang dapat berfungsi sebagai bahan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Pembuatan *biochar* melalui proses pirolisis tidak hanya mengurangi jumlah limbah, tetapi juga menghasilkan bahan yang dapat digunakan sebagai sumber energi atau pembenah tanah yang efisien.

Dalam Risalah Islam Berkemajuan ada penekanan pentingnya penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memajukan umat, sekaligus menjaga kelestarian alam. Cara untuk mencapai hal tersebut adalah dengan mengembangkan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan, seperti *biochar*. *Biochar* selain digunakan sebagai sumber energi, juga dapat membantu memperbaiki kualitas tanah, yang mendukung sektor pertanian berkelanjutan. Ini sejalan dengan semangat keberlanjutan dan kemaslahatan umat yang merupakan bagian dari Islam berkemajuan.

Dalam perspektif fiqih transisi energi berkeadilan, Muhammadiyah telah mendukung pengembangan energi terbarukan yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga sesuai dengan prinsip-prinsip Islam yang mengutamakan keberlanjutan dan kemaslahatan umat (Ghazali & Wahid, 2017). Fiqih transisi energi berkeadilan menyarankan umat Islam untuk mencari dan menggunakan energi yang lebih bersih, efisien, dan terbarukan. *Biochar* sebagai energi alternatif dapat dipandang sebagai solusi yang sejalan dengan ajaran Islam yang menekankan pada pengelolaan sumber daya alam dengan bijak serta dengan tanggung jawab. *Biochar* yang dihasilkan dari limbah pertanian, dapat sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dibanding dengan bahan bakar fosil yang berpotensi merusak lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan *biochar* tidak hanya relevan dengan perkembangan teknologi, tetapi juga sejalan dengan prinsip fiqih yang mengedepankan keberlanjutan dan keseimbangan alam.

Keputusan untuk mendukung penggunaan energi terbarukan, termasuk *biochar*, adalah keputusan yang mengedepankan manfaat jangka panjang bagi umat dan lingkungan, sesuai dengan prinsip-prinsip kemaslahatan umat dan konservasi sumber daya alam dalam Islam.

- Surah Al-A'raf (7:31):

قَرِيبًا هَدَىٰ وَقَرِيبًا حَقَّ عَلَيْهِمُ الضَّلَالَةُ إِنَّهُمْ اتَّخَذُوا الشَّيَاطِينَ أَوْلِيَاءَ مِنْ دُونِ اللَّهِ وَيَحْسَبُونَ أَنََّّهُمْ مُّهْتَدُونَ ﴿٣٠﴾

Dimaknai; Perbuatan berlebihan yang melampaui batas selain merusak dan merugikan, juga Allah tidak menyukainya. Setiap pekerjaan yang tidak disukai Allah, kalau dikerjakan juga, tentu akan mendatangkan bahaya (Kementrian Agama RI, 2011d). Ayat ini menekankan prinsip kesederhanaan dan keseimbangan dalam memanfaatkan sumber daya alam, yang juga relevan dengan penggunaan *biochar* sebagai bahan energi yang ramah lingkungan.

- Surah Ar-Rum (30:41):

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Dimaknai; Kerusakan di bumi diakibatkan oleh perbuatan manusia dan perbuatan itu bukan dilakukan oleh orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena ia tahu bahwa perbuatannya akan dipertanggung-jawabkan di depan Allah (Departemen Agama, 2011). Pemanfaatan *biochar* sebagai energi terbarukan adalah langkah untuk mengurangi kerusakan tersebut dan menggantikan energi fosil yang merusak lingkungan.

- Surah An-Nahl (16:10-11):

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ ﴿١٠﴾  
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالرَّيْثُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

Dimaknai; Segala macam nikmat yang diturunkan baik secara langsung maupun tidak langsung merupakan bukti kebenaran bahwa sesungguhnya tidak ada Tuhan selain Allah. Bukti-bukti dapat

diketahui oleh orang-orang yang memperhatikan dan memikirkan tanda-tanda kekuasaan Allah serta memikirkan hukum-hukum yang berlaku di dalamnya (Kementerian Agama RI, 2011). Pemanfaatan limbah pertanian untuk *biochar* adalah bentuk pemanfaatan yang bijaksana terhadap sumber daya alam yang ada.

## SIMPULAN

- Pembuatan *biochar* dari ampas tebu dapat dipandang sebagai langkah yang relevan dalam Risalah Islam Berkemajuan dan Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah. Dalam perspektif Risalah Islam Berkemajuan, hal ini menunjukkan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengubah limbah menjadi sumber daya yang bermanfaat, serta upaya inovatif yang didorong oleh ajaran Islam untuk menjaga kelestarian bumi. Dalam Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah, pembuatan *biochar* dari ampas tebu sejalan dengan prinsip untuk memelihara dan memperbaiki kondisi alam, dimana umat Islam diajak untuk memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan dan tidak merusak lingkungan
- Pemanfaatan *biochar* sebagai pembenah tanah dari perspektif Islam berkemajuan, Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah, dan kebijakan Majelis Lingkungan Hidup Muhammadiyah dapat dipandang sebagai salah satu solusi yang berbasis pada prinsip perbaikan, pemeliharaan, dan amar ma'ruf nahi munkar. Dengan mendukung teknologi ramah lingkungan seperti pembuatan *biochar*, umat Islam tidak hanya berperan dalam menjaga kelestarian bumi, tetapi juga berkontribusi pada perbaikan kualitas hidup dan kelangsungan generasi mendatang. Sebagai khalifah di bumi, umat Islam diajak untuk memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi demi perbaikan lingkungan, sesuai dengan tuntunan Al-Qur'an dan hadits yang

mengajarkan pentingnya menjaga alam semesta dengan cara yang berkelanjutan.

- Pemanfaatan *biochar* sebagai adsorben dan katalis dalam reaksi atau proses kimia dapat dipandang sebagai upaya yang sejalan dengan prinsip Risalah Islam Berkemajuan dan Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah. Dalam perspektif Risalah Islam Berkemajuan, pemanfaatan *biochar* mencerminkan sikap progresif dalam mencari solusi ilmiah dan teknologi untuk mengatasi masalah lingkungan dan mendukung kemaslahatan umat. Dalam Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah, *biochar* dapat dilihat sebagai alat untuk pemeliharaan lingkungan dan perbaikan dunia secara berkelanjutan, sesuai dengan ajaran Islam yang mengutamakan menjaga kelestarian alam dan memanfaatkan ilmu pengetahuan untuk kebaikan umat.
- Pemanfaatan *biochar* sebagai bahan energi alternatif terbarukan sejalan dengan prinsip-prinsip yang terdapat dalam Risalah Islam Berkemajuan, Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah, dan Fiqih Transisi Energi Berkeadilan Muhammadiyah. Dalam perspektif Risalah Islam Berkemajuan, *biochar* sebagai sumber energi terbarukan menunjukkan sikap progresif umat Islam dalam mencari solusi ilmiah yang ramah lingkungan. Dalam Pedoman Hidup Islam Warga Muhammadiyah, penggunaan *biochar* juga mendukung prinsip menjaga dan memperbaiki alam semesta. Sementara itu, Fiqih Transisi Energi Berkeadilan Muhammadiyah mendorong peralihan dari energi fosil ke energi terbarukan, yang mana *biochar* bisa menjadi salah satu alternatif yang lebih bersih dan berkelanjutan.
- Hasil pembahasan ini membawa peningkatan rasa iman ke pada Allah SWT yang Maha Besar sebagai pencipta dan penguasa alam semesta serta rasa syukur atas segala karunia Nya.

## REFERENSI

- Ajala, E. O., Ighalo, J. O., Ajala, M. A., Adeniyi, A. G., & Ayanshola, A. M. (2021). Sugarcane bagasse: a biomass sufficiently applied for improving global energy, environment and economic sustainability. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00440-z>
- Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. *Repositoy UIN*, 54–56.
- Bo, X., Zhang, Z., Wang, J., Guo, S., Li, Z., Lin, H., Huang, Y., Han, Z., Kuzyakov, Y., & Zou, J. (2023). Benefits and limitations of biochar for climate-smart agriculture: a review and case study from China. *Biochar*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00279-x>
- Cahyo Dwi, E., & Dahliana, Y. (2023). Tafsir Ekologis Muhammadiyah: Peran Muhammadiyah Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Naskah Publikasi*, 1–23. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/111400>
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45(8), 629–634. <https://doi.org/10.1071/SR07109>
- Cheng, F., & Li, X. (2018). Preparation and application of biochar-based catalysts for biofuel production. *Catalysts*, 8(9), 1–35. <https://doi.org/10.3390/catal8090346>
- Choghamarani, F. M., Moosavi, A. A., Sepaskhah, A. R., & Baghernejad, M. (2019). Physico-hydraulic properties of sugarcane bagasse-derived biochar: the role of pyrolysis temperature. *Cellulose*, 26(12), 7125–7143. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02607-6>
- Deng, W., Van Zwieten, L., Lin, Z., Liu, X., Sarmah, A. K., & Wang, H. (2017). Sugarcane bagasse biochars impact respiration and greenhouse gas emissions from a latosol. *Journal of Soils and Sediments*, 17(3), 632–640. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1347-4>
- Evizal, R., Fembriarti, D., & Prasmatiwi, E. (2023). Biochar: Pemanfaatan dan aplikasi Praktis. *Jurnal Agrotropika*, 22(1), 1–12.
- Ferdiansyah, & Ma'ruf, A. (2022). Konsep Pendidikan Berkemajuan Kh. Ahmad Dahlan Relevansinya Dengan Penyelenggaraan Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Ilmiah "Kreatif"*, 20(Juli), 1–5.
- Ghazali, A. M., & Wahid, M. (2017). *Fikih energi terbarukan : pandangan dan respons Islam atas pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)*.
- Gond, R. K., Gupta, M. K., & Jawaid, M. (2021). Extraction of nanocellulose from sugarcane bagasse and its characterization for potential applications. *Polymer Composites*, 42(10), 5400–5412. <https://doi.org/10.1002/pc.26232>
- Herlambang, S., Yudhiantoro, D., Gomareuzzaman, M., & Lestari, I. (2021). *Biochar Amandemen Tanah dan Mitigasi Lingkungan*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UPN Veteran Yogyakarta.
- Herlina, L., & PP Muhammadiyah. (2022). Risalah Islam Berkemajuan (Keputusan Mukhtar Ke-48 Muhammadiyah Tahun 2022). *Widya Balina*, 7(1), 6–13.
- Hidayat, A., Kurniawan, W., & Hinode, H. (2021). Sugarcane bagasse biochar as a solid catalyst: From literature review of heterogeneous catalysts for esterifications to the experiments for biodiesel synthesis from palm oil industry waste residue. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 6(2), 337–352. <https://doi.org/10.17509/ijost.v6i2.34498>
- Hidayati, A. F., & Maksum, M. N. R. (2024). Peranan Muhammadiyah Dalam Memajukan Bangsa Dan Mencerahkan Semesta. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 2(4), 1086–1098. <https://ejurnal.kampusakademik.my.id/index.php/jipm/article/view/395>
- Hiranobe, C. T., Gomes, A. S., Paiva, F. F. G., Tolosa, G. R., Paim, L. L., Dognani, G., Cardim, G. P., Cardim, H. P., dos Santos, R. J., & Cabrera, F. C. (2024). Sugarcane Bagasse: Challenges and Opportunities for Waste Recycling. *Clean Technologies*, 6(2), 662–699. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol6020035>



- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33–42. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.1.33-42>
- Jamilatun, S., Pitoyo, J., Arifah, Z., Amelia, S., & Maarif, A. (2022). Pirolisis Ampas Tebu ( *Saccharum officinarum* Linn ): Pengaruh Suhu terhadap Yield dan Karakteristik Produk. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–11.
- Kant Bhatia, S., Palai, A. K., Kumar, A., Kant Bhatia, R., Kumar Patel, A., Kumar Thakur, V., & Yang, Y. H. (2021). Trends in renewable energy production employing biomass-based biochar. *Bioresource Technology*, 340(July), 125644. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125644>
- Kementerian Agama RI. (2011). *al-Qur'an dan Tafsirnya (Edisi yang disempurnakan)*, Jilid V. Widya Cahaya.
- Kementrian Agama RI. (2011a). Al-Qur'an dan Tafsirnya (Edisi yang disempurnakan), Jilid X. In *Widya Cahaya*, Jakarta. Widya Cahaya.
- Kementrian Agama RI. (2011b). Al-Qur'an dan Tafsirnya (Edisi yang disempurnakan), Jilid I (Juz 1-3). In *Widya Cahaya*, Jakarta. Widya Cahaya.
- Kementrian Agama RI. (2011c). Al-Qur'an Dan Tafsirnya (Edisi yang Disempurnakan), Jilid VII (Juz 19-21). In *Widya Cahaya*, Jakarta. Widya Cahaya. <https://pustakalajnah.kemenag.go.id/detail/85>
- Kementrian Agama RI. (2011d). Al Qur'an dan Tafsirnya (Edisi yang disempurnakan), Jilid III (7-9). In *Widya Cahaya*, Jakarta. Widya Cahaya.
- Leko, B. B., Noor, N. A., & Usman. (2021). Analisis Potensi Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa di Pabrik Gula Takalar. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*, 21 Septemb(September), 12–16.
- Libardi, N., & Castilhos, A. B. De. (2024). Biochar : From Laboratory to Industry Scale — An Overview Brazilian Context , and Contributions to Sustainable Development. *Processes*. <https://doi.org/10.3390/pr12051006>
- M, R., Kantur, D., & Moy, D. A. N. L. M. (2017). Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *Agrotrop*, 7(2), 99–108.
- Miranda, N. T., Motta, I. L., Filho, R. M., & Maciel, M. R. W. (2021). Sugarcane bagasse pyrolysis: A review of operating conditions and products properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149(July), 111394. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111394>
- Nurbaeti, L., Prasetya, A. T., Kusumastuti, E., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). Arang Ampas Tebu (Bagasse) Teraktivasi Asam Klorida sebagai Penurun Kadar Ion H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 1–8. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Oasmaa, A., Van De Beld, B., Saari, P., Elliott, D. C., & Solantausta, Y. (2015). Norms, standards, and legislation for fast pyrolysis bio-oils from lignocellulosic biomass. *Energy and Fuels*, 29(4), 2471–2484. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b00026>
- Pimpinan Pusat Muhammadiyah. (2000). Pedoman Kehidupan Islami Warga Muhammadiyah. *Pimpinan Pusat Muhammadiyah*, 25.
- Pimpinan Pusat Muhammadiyah. (2022). Tanfidz Keputusan Muktamar Ke-48 Muhammadiyah Tahun 2022. *Berita Resmi Muhammadiyah*, 1–116.
- Pimpinan Pusat Muhammadiyah. (2023). *Anggran Dasar dan Anggaran Rumah Tangga Muhammadiyah*. Pimpinan Pust muhammadiyah.
- Prochnow, F. D., Cavali, M., Dresch, A. P., Belli, I. M., Libardi, N. J., & de Castilhos, A. B. J. (2024). Biochar: From Laboratory to Industry Scale- An Overview Brazilian Context, and Contributions to Sustainable Development.

- Processes*, 12, 1006.  
<https://doi.org/10.3390/pr12051006>
- Ridwan, M. B., Sukarto, & Suwardi. (2015). Pemanfaatan Kompos dan Biochar sebagai Bahan Pembenh. *J. Agroteksos*, 25(1), 1–15.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2020). Optimasi Pemisahan Lignin Amps Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 257–264.
- Shalini, S. S., Palanivelu K, Ramachandran A, & Raghavan, V. (2021). Biochar from biomass waste as a renewable carbon material for climate change mitigation in reducing greenhouse gas emissions—a review. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(5), 2247–2267. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00604-5>
- Srivatsav, P., Bhargav, B. S., Shanmugasundaram, V., Arun, J., Gopinath, K. P., & Bhatnagar, A. (2020). Biochar as an eco-friendly and economical adsorbent for the removal of colorants (Dyes) from aqueous environment: A review. *Water (Switzerland)*, 12(12), 1–27. <https://doi.org/10.3390/w12123561>
- Sujana, P., & Pura, N. L. S. (2015). Agrimeta: jurnal pertanian berbasis keseimbangan ekosistem. *Agrimeta*, 5(9), 1–9. <http://jurnal.unmas.ac.id/index.php/agrimeta/article/download/90/67>
- Suryani, R., Masulili, A., Universitas, P., & Bhakti, P. (2023). *Pemanfaatan Biochar Sebagai Bahan Pembenh Tanah Pada Poktan Mekar Sari II Kecamatan Sungai Kakap*. 6(2), 75–85.
- Tasanif, R., Isa, I., & Kunusa, W. R. (2020). Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd, Cu dan Cr. *Jambura Journal of Chemistry*, 2(1), 35–45. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v2i1.2608>
- Varhegyi, G., Antal, M. J., Szekely, T., & Szabo, P. (1989). Kinetics of the Thermal Decomposition of Cellulose, Hemicellulose, and Sugar Cane Bagasse. *Energy and Fuels*, 3(3), 329–335. <https://doi.org/10.1021/ef00015a012>
- Yuan, X., Cao, Y., Li, J., Patel, A. K., Dong, C. Di, Jin, X., Gu, C., Yip, A. C. K., Tsang, D. C. W., & Ok, Y. S. (2023). Recent advancements and challenges in emerging applications of biochar-based catalysts. *Biotechnology Advances*, 67(June), 108181. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108181>
- Zafeer, M. K., Menezes, R. A., Venkatachalam, H., & Bhat, K. S. (2024). Sugarcane bagasse-based biochar and its potential applications: a review. *Emergent Materials*, 7(1), 133–161. <https://doi.org/10.1007/s42247-023-00603-y>
- Zaman, A. N., Murod, M., & Tanjung, N. F. (2021). Muhammadiyah dan Advokasi Perlindungan Lingkungan. *Jurnal Umj*, 2(2), 183–200.
- Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B., & Liu, L. (2019). Insights into biochar and hydrochar production and applications: A review. *Energy*, 171, 581–598. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.035>