

## SOSIALISASI JENIS, POTENSI, DAN METODE KONVERSI ENERGI BERBASIS BIOMASSA BAGI SISWA MA PLUS DARUL HUFADZ CIPACING JATINANGOR

HARYONO\*<sup>1</sup>, ATIEK ROSTIKA NOVIYANTI<sup>1</sup>, SOLIHUDIN<sup>1</sup>, JULIANDRI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat, Telp. 022-7796014

\*Email: [haryono@unpad.ac.id](mailto:haryono@unpad.ac.id)

Diserahkan: 02/12/2022

Diterima: 02/01/2023

Dipublikasikan: 06/03/2023

**Abstrak.** Indonesia sebagai negara tropis memiliki kekayaan hayati, salah satunya dalam bentuk biomassa, yang berlimpah. Biomassa tersebut melalui berbagai teknik perlakuan dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi terbarukan dan ramah lingkungan. Namun demikian, pemenuhan kebutuhan energi nasional masih didominasi oleh energi fosil (minyak bumi, gas alam, dan batubara). Pada periode 2018-2022, batubara berkontribusi rata-rata sebesar 39%, dan kontribusi minyak bumi mencapai 34%. Di sisi lain, porsi energi baru dan terbarukan hanya sekitar 12% dari total konsumsi energi primer pada tahun 2022. Padahal secara potensi, Indonesia memiliki potensi energi baru dan terbarukan sebesar 3689 Giga Watt, dengan sekitar 7,8% merupakan kontribusi dari energi berbasis biomassa. Siswa-siswa Sekolah Menengah Lanjutan Atas, sebagai bagian dari generasi muda yang akan memasuki jenjang Perguruan Tinggi, perlu untuk lebih memahami informasi terkait kondisi energi nasional ini. Oleh karena itu, aktivitas penyampaian informasi dalam bentuk sosialisasi melalui Program Pengabdian Kepada Masyarakat menjadi aktivitas yang relatif strategis untuk dilaksanakan. Tujuan dari Program Pengabdian Kepada Masyarakat untuk para siswa Madrasah Aliyah Darul Hufadz di Cipacing, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat ini adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman para siswa tentang jenis, potensi, dan metode konversi energi berbasis biomassa sebagai bagian dari strategi pemenuhan kebutuhan energi nasional. Program Pengabdian Kepada Masyarakat untuk para siswa kelas X Madrasah Aliyah Darul Hufadz Cipacing telah berhasil dilaksanakan dengan pertemuan secara langsung, dengan metode pemaparan materi (presentasi) dan diskusi. Jenis dan potensi biomassa sebagai sumber bahan baku konversi energi, serta berbagai metode konversi biomassa menjadi energi telah diuraikan.

**Kata kunci:** biomassa, energi baru dan terbarukan, metode konversi

**Abstract.** Indonesia as a tropical country has abundant biological wealth, one of which is in the form of biomass. Through various treatment techniques, this biomass can be utilized as a renewable and environmentally friendly energy resource. However, meeting national energy needs is still dominated by fossil energy (petroleum, natural gas and coal). In the 2018-2022 periods, coal contributed an average of 39%, and petroleum contributed 34%. On the other hand, the portion of new and renewable energy is only around 12% of total primary energy consumption in 2022. In fact, in terms of potential, Indonesia has a new and renewable energy potential of 3689 Giga Watts, with around 7.8% being a contribution from biomass-based energy. High School students, as part of the young generation who will enter higher education, need to better understand information related to national energy conditions. Therefore, the activity of conveying information in the form of outreach through the Community Service Program is a relatively strategic activity to carry out. The aim of the Community Service Program for students of Madrasah Aliyah Darul Hufadz in Cipacing, Jatinangor, Sumedang, West Java is to increase students' knowledge and understanding of the types, potential and conversion methods of biomass-based energy as part of a strategy to meet national energy needs. The Community Service Program for 10<sup>th</sup> grade students of Madrasah Aliyah Darul Hufadz in Cipacing has been successfully implemented through direct meetings, using material presentation and discussion methods. The types and potential of biomass as a raw material source for energy conversion, as well as various methods of converting biomass into energy have been described.

**keywords:** biomass, new and renewable energy, conversion methods

Doi: <https://doi.org/10.24198/saintika.v2i2>

## 1. Pendahuluan

Tujuan pendidikan nasional sebagaimana terdapat pada Pasal 3 Undang-Undang Nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menyatakan bahwa pendidikan nasional bertujuan untuk mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Pengembangan potensi peserta didik tersebut, termasuk juga pendidikan pada jenjang sekolah menengah atas, meliputi beragam aspek potensi. Salah satu potensi tersebut adalah daya pikir kritis untuk tanggap terhadap permasalahan aktual. Daya pikir kritis para siswa dapat dikembangkan dengan memberikan stimulan-stimulan berbentuk informasi-informasi relevan tentang berbagai faktor yang berhubungan dengan permasalahan aktual tersebut. Sektor energi merupakan salah satu permasalahan aktual yang sedang dihadapi pada tingkat nasional, bahkan global.

Permasalahan umum pada sektor energi dari banyak negara adalah pemenuhan atau penyediannya masih didominasi oleh bahan bakar fosil karena konsumsinya yang besar di sektor industri, transportasi, dan pertanian [1]. Kebutuhan energi suatu negara sebagian besar dipenuhi oleh sumber daya energi konvensional berbasis energi fosil (minyak bumi, gas alam, dan batubara) yang bersifat tidak terbarukan. Karena terbatasnya ketersediaan energi fosil, peningkatan intensitas aktivitas manusia di berbagai sektor (industri, transportasi, rumah tangga, dan komersial) mengakibatkan cadangannya semakin menipis dengan lebih cepat. Pada periode 2018-2022, batubara berkontribusi rata-rata dalam pemenuhan kebutuhan nasional sebesar 39%, sedangkan kontribusi minyak bumi mencapai 34%. Di sisi lain, porsi energi baru dan terbarukan hanya sekitar 12% dari total konsumsi energi primer pada tahun 2022 [2]. Padahal secara potensi, Indonesia memiliki potensi energi baru dan terbarukan yang relatif berlimpah, yaitu sebesar 3689 Giga Watt, GW [2]. Potensi tersebut meningkat dari sekitar 421,4 GW pada tahun 2020, dengan sekitar 7,8% dari potensi energi tersebut merupakan kontribusi dari energi berbasis biomassa [3]. Dari potensi energi berbasis biomassa (dalam bentuk bioenergi) sebesar 32654 Mega Watt (MW) pada tahun 2020 tersebut, baru sekitar 42 MW (sekitar 0,13%) terealisasi untuk pemenuhan kebutuhan energi nasional [3].

Biomassa sebagai beragam jenis materi organik dari sumber daya alam hayati sangat melimpah di Indonesia. Biomassa tersebut dapat dikonversi dengan berbagai metode atau teknik konversi kimia menjadi berbagai jenis bahan bakar, baik berfase gas, cair, maupun gas [4]. Biomassa, dalam bentuk primer maupun turunannya, di Indonesia dapat diperoleh dengan relatif murah dan mudah dari berbagai sektor, seperti: pertanian, perkebunan, kehutanan, kelautan, peternakan, perikanan, restoran, industri pangan, dan rumah tangga [5].

Kondisi (permasalahan) energi dan potensi biomassa nasional tersebut pada hakekatnya merupakan permasalahan bersama. Dalam konteks penyiapan sumber daya manusia untuk mengatasi permasalahan energi nasional, dan mendayagunakan biomassa sebagai sumber energi alternatif, peningkatan pengetahuan dan pemahaman bagi siswa-siswa jenjang SLTA merupakan upaya potensial untuk menginisiasi dan mengkatalisasi daya kritis berpikir para siswa untuk mulai terlibat aktif dalam sektor energi tersebut.

Tujuan dari Program Pengabdian Masyarakat kepada para siswa Madrasah Aliyah Darul Hufadz di Cipacing, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat ini adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman para siswa tentang jenis, potensi, dan metode konversi energi berbasis biomassa sebagai bagian dari strategi pemenuhan kebutuhan energi nasional. Khususnya untuk mensosialisasikan peranan ilmu kimia dalam aspek pemanfaatan sumber daya alam berupa biomassa dengan berbagai jenis metode pengkonversiannya menjadi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

## 2. Metode Penelitian

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan dengan metode pemaparan materi melalui presentasi. Untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi yang telah disampaikan, selanjutnya diadakan sesi diskusi. Evaluasi terhadap tingkat pemahaman peserta sosialisasi dilakukan dengan acara tanya-jawab interaktif secara langsung.

Peserta sosialisasi pada program PKM ini adalah para siswa kelas X Madrasah Aliyah (MA) Plus Darul Hufadz yang berlokasi di Cipacing, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat. Berdasarkan materi sosialisasi, para siswa peserta sosialisasi lebih diutamakan para siswa yang mengambil pemilihan minat Ilmu Pengetahuan Alam. Program PKM diselenggarakan secara tatap muka di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Materi Sosialisasi

Biomassa merupakan materi organik turunan, baik langsung atau tidak langsung, dari proses fotosintesis tanaman. Sedangkan jenis biomassa sendiri secara umum ada 2 jenis [4], yaitu:

1. Biomassa primer dan turunannya (biomassa dari penderivasian secara alami melalui mekanisme rantai-rantai makanan/ *food chain*, atau derivasi buatan melalui berbagai metode proses kimia)
2. Limbah biomassa (materi sisa dari pemanfaatan biomassa untuk berbagai proses atau kebutuhan)

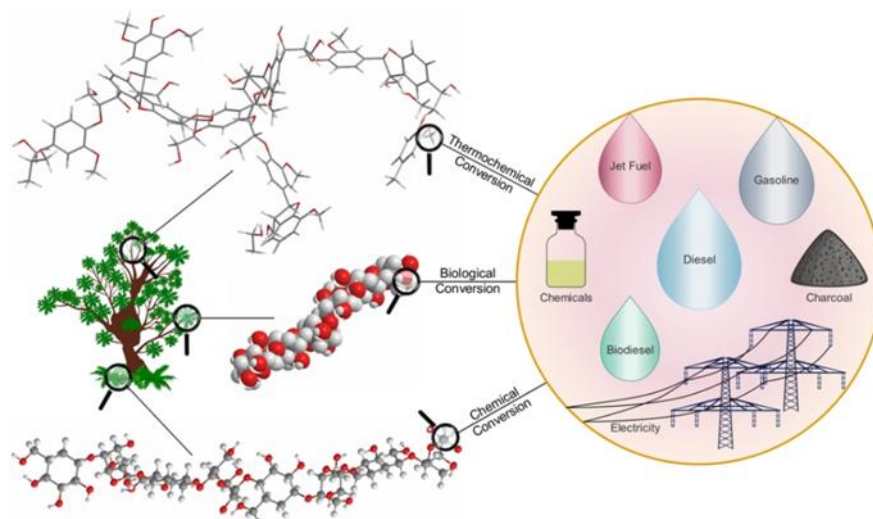
Dari kedua jenis biomassa tersebut, dengan pertimbangan ekonomi dan pemeliharaan lingkungan, limbah biomassa merupakan jenis biomassa yang relatif lebih potensial sebagai bahan baku untuk dikoversikan baik sebagai bahan kimia maupun energi [5].

Jenis-jenis limbah biomassa berasal dari sisa berbagai kegiatan skala kecil (rumah tangga) sampai skala besar (industri). Berbagai jenis limbah biomassa tersebut diilustrasikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jenis-jenis biomassa dalam bentuk limbah

Berbagai jenis biomassa tersebut, pada prinsip konversi kimianya, dapat diubah menjadi berbagai jenis materi dan energi. Ilustrasi konversi biomassa menjadi materi dan energi ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Ilustrasi konversi biomassa menjadi materi dan energi

Bioenergi adalah berbagai bentuk energi (energi kimia, energi panas, energi cahaya) yang dihasilkan dari pemrosesan terhadap biomassa melalui berbagai metode konversi. Pada konversi biomassa tersebut, selain dihasilkan berbagai jenis energi, dapat pula dihasilkan berbagai jenis bahan kimia (materi kimia dengan peruntukan selain sebagai sumber energi). Sebagai bentuk energi alternatif, bioenergi memiliki berbagai keunggulan, diantaranya: bersifat terbarukan (dapat dipulihkan dengan segera), ramah lingkungan (mampu menopang siklus CO<sub>2</sub> & siklus lainnya, menjaga kestabilan iklim), dan relatif tidak terpengaruh oleh situasi politik [6]. Keunggulan-keunggulan bioenergi tersebut menjadikan bioenergi alternatif potensial sebagai substitusi atau pengganti energi konvensional dalam jangka pendek, menengah, ataupun panjang.

Pengkonversian biomassa menjadi berbagai jenis bioenergi dapat dilakukan dengan berbagai metode konversi. Metode-metode konversi biomassa menjadi berbagai jenis energi ditampilkan pada Tabel 1 [4].

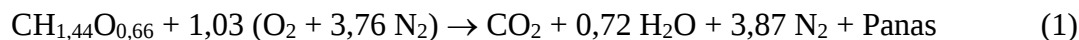
**Tabel 1.** Ilustrasi konversi biomassa menjadi materi dan energi

|                                    |                                                      |                                                 |                                                            |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Thermo-chemical conversion</b>  | <i>Combustion</i> (Pembakaran)                       | Limbah pertanian<br>Limbah kayu<br>Limbah hewan | Panas<br>Listrik                                           |
|                                    | <i>Pyrolysis</i> (Pirolisis)                         | Limbah pertanian<br>Limbah kayu                 | <i>Pyrolysis oil</i><br><i>Producer gas</i><br><i>Char</i> |
|                                    | <i>Gasification</i> (Gasifikasi)                     | Limbah pertanian<br>Limbah kayu                 | <i>Producer gas</i><br><i>Liquid fuel</i><br><i>Char</i>   |
|                                    | <i>Liquefaction</i> (Likuifaksi)                     | Limbah pertanian<br>Alga/ganggang               | <i>Syngas</i><br><i>Liquid fuel</i>                        |
| <b>Biochemical conversion</b>      | <i>Anaerobic digestion</i><br>(Dekomposisi anaerob)  | Limbah hewan<br><i>Sewage sludge</i>            | <i>Liquid fuel</i><br><i>Biogas</i><br>Listrik             |
|                                    | <i>Fermentation</i> (Fermentasi)                     | Limbah pertanian<br>Limbah industri             | <i>Liquid fuel</i><br>(bioethanol)                         |
| <b>Physico-chemical conversion</b> | <i>Esterification</i><br><i>Trans-esterification</i> | Minyak nabati<br>Lemak hewan<br>Minyak limbah   | <i>Liquid fuel</i><br>(biodiesel)                          |

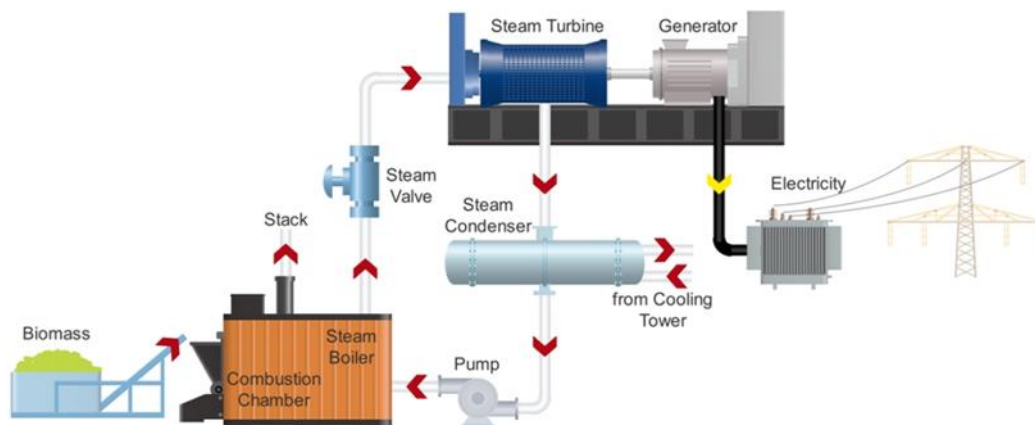
Pada kegiatan PKM ini, sosialisasi terkait metode konversi biomassa menjadi energi dibatasi

pada metode konversi yang melibatkan teknologi proses relatif sederhana, sehingga aplikasinya dapat lebih mudah ditemui di masyarakat umum. Metode konversi biomassa yang pertama adalah pembakaran (*combustion*) [4].

Pembakaran secara langsung terhadap biomassa akan menghasilkan energi dalam bentuk panas rata-rata sekitar 20 MJ/kg biomassa. Pada pembakaran biomassa terjadi reaksi kimia, dalam bentuk reaksi pendekatan, sebagaimana ditampilkan pada Persamaan (1) berikut:



Aplikasi pembakaran biomassa pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah, dengan konversi energi 25 – 40%, akan dihasilkan energi listrik sebesar 20 – 80 MW [4]. Proses konversi biomassa menjadi energi listrik diilustrasikan pada Gambar 3.

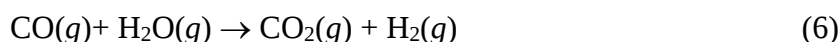
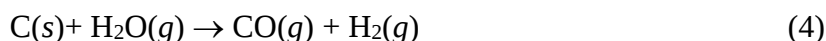


**Gambar 3.** Ilustrasi proses konversi biomassa menjadi energi panas dan listrik

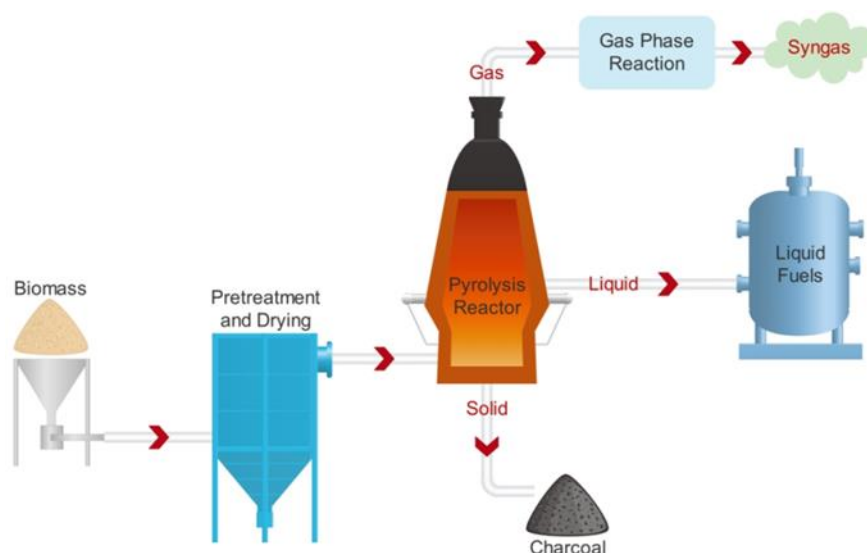
Metode konversi kimia lainnya terhadap biomassa adalah pirolisis. Pirolisis merupakan dekomposisi termal tanpa oksigen pada suhu sekitar 250 – 700°C terhadap biomassa berkarbon menjadi fraksi padat (*char*), fraksi cair (*tar*: senyawa organik kompleks dan *condensable*), dan fraksi gas [7]. Persamaan (2) menyatakan persamaan reaksi secara umum pada pirolisis biomassa. Pirolisis terhadap 100 kg kayu kering dihasilkan sekitar 14 m<sup>3</sup> gas (dengan nilai panas 10,4 MJ/m<sup>3</sup>), 30 kg arang (*char*), dan 18,1 L bio-oil (*tar*) [4].



Gasifikasi merupakan metode konversi lainnya dalam kelompok *thermo-chemical conversion*. Pada gasifikasi, biomassa padat mengalami 4 reaksi serial (oksidasi, pengeringan, pirolisis, dan reduksi) menjadi gas sintesis (*syngas*), suatu gas dengan komposisi utama berupa hidrogen dan karbon monoksida. Reaksi reduksi, sebagai reaksi utama pada gasifikasi, terjadi pada suhu 800 – 1100°C. Pada reaksi reduksi setidaknya terjadi 4 jenis reaksi menurut Persamaan (3) – (6) [4].



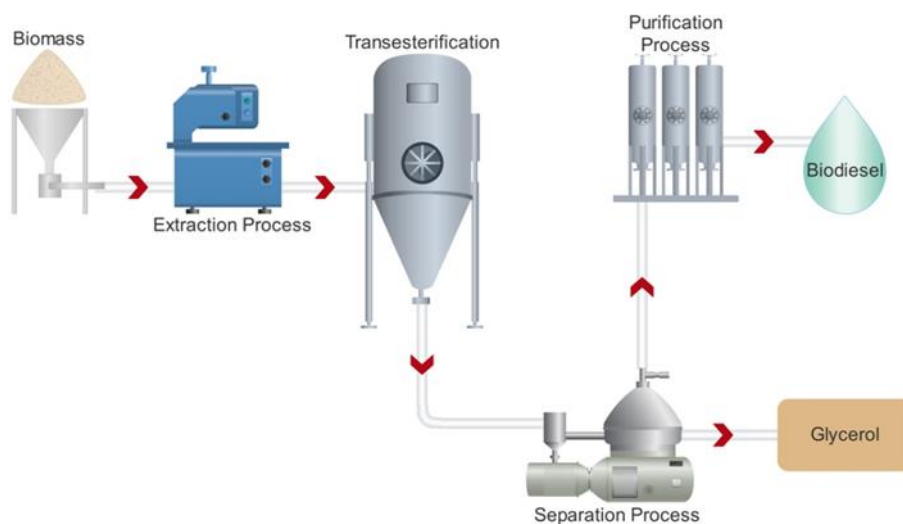
*Syngas* tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar (nilai kalor 4,5 – 6,0 MJ/m<sup>3</sup> ~ 10 – 50% nilai kalor gas alam) untuk pembangkit listrik, atau diproses lanjut menjadi metanol [4]. Pada gasifikasi, selain dihasilkan *syngas*, juga dihasilkan arang dan bahan bakar cair. Sistem proses konversi biomassa dengan metode gasifikasi ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Sistem proses pada konversi biomassa dengan metode gasifikasi

Metode konversi biomassa dengan teknologi relatif sederhana berikutnya adalah *anaerobic digestion* dan *fermentation*. Kedua metode konversi biomassa tersebut termasuk dalam kelompok *biochemical conversion*. *Anaerobic digestion* diterapkan pada proses produksi biogas, sedangkan *fermentation* dipilih untuk mengkonversi biomassa menjadi bioetanol. *Biochemical conversion* merupakan proses dekomposisi biomassa (karbohidrat) menjadi bahan bakar cair dan biogas, serta berbagai jenis produk bio lainnya, menggunakan agen biologis seperti bakteri, enzim, dan jamur. Metode *anaerobic digestion* memiliki kinerja umum dapat menghasilkan biogas (dengan komponen utama metana) sebanyak  $0,17 - 0,23 \text{ m}^3$  (diukur pada kondisi normal, tekanan 1 atm dan suhu  $0^\circ\text{C}$ ) untuk setiap kg biomassa umpan, sedangkan pada fermentasi 100 g heksosa atau pentosa dihasilkan 51,14 g bioetanol (sebagai produk utama) dan 48,86 g gas karbondioksida [4]. Bioetanol merupakan bahan bakar sebagai substitusi gasolin atau bensin.

Esterifikasi dan transesterifikasi adalah metode konversi biomassa lainnya dengan teknologi relatif sederhana. Esterifikasi dan transesterifikasi diterapkan untuk mengkonversi minyak nabati atau lemak menjadi biodiesel [4]. Pada saat ini, biodiesel sebagai bahan bakar untuk moda transportasi dimanfaatkan dalam bentuk campurannya dengan minyak diesel, dikenal sebagai biosolar. Biodiesel dihasilkan dari mereaksikan minyak nabati atau lemak dengan alkohol sederhana (biasanya metanol). Sekitar 97 – 99% minyak nabati atau lemak mampu dikonversi menjadi biodiesel. Gambar 5 menampilkan alur proses konversi biomassa menjadi biodiesel.



**Gambar 5.** Proses alir konversi biomassa menjadi biodiesel

### 3.2 Pelaksanaan Program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM)

Pelaksanaan program PKM untuk mensosialisasikan Jenis, Potensi, dan Metode Konversi Energi Berbasis Biomassa dilaksanakan dalam bentuk presentasi materi dan diskusi. Dokumentasi pelaksanaan program PKM tersebut ditampilkan pada Gambar 6 dan 7. Siswa peserta PKM sebanyak 32 siswa kelas X IPA.



**Gambar 6.** Persiapan pemaparan materi PKM



**Gambar 7.** Kegiatan pemaparan materi PKM

### 4. Kesimpulan

Kegiatan PKM untuk mensosialisasikan Jenis, Potensi, dan Metode Konversi Energi Berbasis Biomassa kepada para siswa kelas X MA Plus Darul Hufadz Cipacing, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat telah berhasil dilaksanakan. Dengan pelaksanaan PKM ini diharapkan pengetahuan dan pemahaman siswa peserta PKM terkait dengan permasalahan energi nasional dan salah satu solusinya melalui pemanfaatan energi berbasis biomassa, semakin meningkat. Berbagai metode konversi biomassa dengan melibatkan teknologi relatif sederhana telah disosialisasikan. Metode konversi biomassa tersebut adalah pembakaran, pirolisis, gasifikasi, *anaerobic digestion*, fermentasi, esterifikasi, dan

transesterifikasi. Karakteristik dasar dan kinerja umum dari setiap metode konversi biomassa menjadi energi tersebut telah dipaparkan.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap pimpinan, guru, dan para siswa MA Plus Darul Hufadz Cipacing, Jatinangor atas kesempatan dan kerjasama yang telah diberikan sehingga kegiatan PKM ini dapat dilaksanakan.

### Daftar Pustaka

1. Monika, S. Banga, V. V. Pathak, Biodiesel production from waste cooking oil: A comprehensive review on the application of heterogeneous catalysts, *Energy Nexus*, Vol. 10, Issue 100209 (2023), p. 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100209>
2. PT Pertamina, *Pertamina Energy Outlook 2023: Panduan Transisi Energi Indonesia*, PT Pertamina (2023).
3. S. Nasara, *Energy Transition Policy in Indonesia*, Kementerian Keuangan Republik Indonesia (2020).
4. A. Tursi, A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion, *Biofuel Research Journal*, Vol. 22 (2019), p. 962–979.
5. J. N. Chung, Grand challenges in bioenergy and biofuel research: engineering and technology development, environmental impact, and sustainability, *Frontiers in Energy Research*, Vol. 1, Article 4 (2013), p. 1 – 4. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2013.00004>
6. F. Wu, S. Pfenninger, Challenges and opportunities for bioenergy in Europe: National deployment, policy support, and possible future roles, *Bioresource Technology Reports*, Vol. 22 (2023), p. 101430. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101430>
7. I. D. V. Torri, V. Paasikallio, C. S. Faccini, R. Huff, E. B. Caramao, V. Sacon, A. Oasmaa, C. A. Zini, Bio-oil production of softwood and hardwood forest industry residues through fast and intermediate pyrolysis and its chromatographic characterization, *Bioresource Technology*, Vol. 200 (2016), p. 680 – 690. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.086>