ENERGI ALTERNATIF

(Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak)

NURLIA LATIPAH, M.Pd.Si

KHOSI'IN, M.Pd.Si

Penerbit :
CV. Elsi Pro

ENERGI ALTERNATIF

(Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak)

NURLIA LATIPAH, M.Pd.Si

KHOSI'IN, M.Pd.Si

Diterbitkan oleh : CV. ELSI PRO (Anggota IKAPI)
Jl Perjuangan By Pass Cirebon No Hp 087727871951
Email : chiplukan@yahoo.com

Editor : Sugiarti, M.Pd
Desain cover & layout : Khayatun Nufus, S.Hum.I
Percetakan : CV. ELSI PRO
Cetakan Pertama : November 2023
84 Halaman
ISBN : Dalam proses pengajuan

Hak Cipta dilindungi Undang- undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis Panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul energi alternatif (Konversi Sampah Menjadi Bahan Bakar Minyak) ini dengan baik. Solawat beriring salam senantiasa penulis sampaikan kepada Baginda Rosul Muhammad SAW yang telah membawa kaum muslimin ini dari alam jahiliyah menuju alam yang penuh ilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan pada saat ini.

Buku energi alternatif (Konversi Sampah Menjadi Bahan Bakar Minyak) ini penulis buat berdasarkan hasil penelitian tentang menkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yang dapat digunakan sebagai energi alternatife dan salah satu cara untuk mengurangi dampak dari pencemaran sampah plastik yang ada disekitar masyarakat.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam dalamnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Buku Energi Alternatif ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tulisan ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan guna kesempurnaan tulisan ini.

Bengkulu, November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar ……..……	ii
Daftar Isi ……	iii
BAB I.KONSEP ENERGI ALTERNATIF ……	1
BAB II. KEBIJAKAN BIOENERGI DI INDONESIA …	14
BAB III. BIOETANOL ……	33
BAB IV. BIODIESEL ……	43
BAB V. BIOGAS ……	51
BAB VI. BIOMASSA ……	56
BAB VII. BBM DARI SAMPAH PLASTIK……..	60
DAFTAR ISTILAH ……	77
DAFTAR PUSTAKA ……	79

BAB I
KONSEP BIOENERGI

A. Pengertian

Pemanfaatan bahan bakar fosil semakin hari semakin meningkat. Bahan bakar fosil atau biasa kita kenal dengan bahan bakar minyak terdiri dari avtur gasoline, avtur, mogas, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar. Avtur dan avtur gasoline merupakan bahan bakar yang digunakan untuk pesawat. Sementara mogas atau motor gasoline atau dikenal dengan bensin biasanya digunakan untuk motor maupun mobil. Minyak solar dan minyak diesel digunakan untuk kendaraan-kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Minyak bakar biasanya digunakan untuk industri-industri (Loupatty, 2014).

Peningkatan pemanfaatan bahan bakar minyak diakibatkan oleh semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan industri yang menggunakan bahan bakar tersebut. Bahan bakar fosil merupakan jenis energi yang tidak terbarukan. Pembentukan bahan bakar fosil ini memerlukan waktu yang sangat lama. Kondisi tersebut mengakibatkan jumlah bahan bakar fosil yang ada di muka bumi ini suatu saat akan habis. Selain itu perkembangan kebutuhan energi dunia yang dinamis ditengah makin berkurangnya cadangan energi fosil serta kepedulian terhadap kelestarian lingkungan mengakibatkan perlu dicari alternatif sumber energi lain yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Secara umum kebutuhan akan sumber energi terbarukan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Cadangan bahan bakar fosil yang berkurang sesuai dengan umur eksploitasinya (wusnah dkk, 2016). Berkurangnya jumlah bahan bakar fosil tentu saja menjadi masalah yang serius dan harus dicari jalan keluarnya. Bioenergi merupakan

alternatif untuk mengatasi masalah berkurangnya jumlah bahan bakar fosil tersebut.

2. Pemanfaatan bahan bakar fosil juga memiliki dampak yang kurang baik bagi lingkungan. Emisi yang dikeluarkan oleh pembakaran bahan bakar fosil berupa CO_2, SO_2 dan NO_2 mengakibatkan efek rumah kaca dan hujan asam. Sedangkan pemakaian bahan bakar nabati atau bioenergi dipercaya mampu menurunkan emisi gas rumah rumah kaca tersebut. Oleh karena itu dukungan terhadap pemanfaatan bahan bakar nabati terus di gaungkan oleh para pecinta lingkungan.
3. Pertambahan jumlah penduduk yang disertai peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada meningkatknya kebutuhan energi untuk memenuhi seluruh aktivitas kehidupan dan pertumbuhan ekonomi di seluruh Indonesia (Heruhadi&Sumarsono, 2006). Hal ini yang mengakibatkan penggunaan energi terus meningkat sehingga mengancam ketersediaan bahan bakar fosil. Untuk itu sumber energi alternatif harus segera dicari untuk mengatasi kemungkinan masalah energi di kemudian hari.
4. Jumlah limbah yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioenergi cukup banyak seperti limbah padat dari usaha peternakan sapi dan babi (Suryatika dkk, 2011). Sumber bahan baku yang berasal dari limbah tentu menjadi alternatif yang sangat membantu dalam penyediaan energi alternatif agar isu tentang adanya persaingan antara bahan baku energi dengan bahan baku dapat dikurangi.
5. Indonesia merupakan Negara yang memiliki kawasan hutan serta lahan perkebunan dan pertanian yang cukup luas sebagai modal dasar dalam pengembangan bioenergi untuk menghasilkan energi yang ramah lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan tentang meningkatnya kebutuhan energi yang tidak disertai dengan peningkatan jumlah bahan bakar fosil di dunia, maka Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006

memberikan landasan kebijakan bagi pengembangan sumber-sumber energi terbarukan dan diversifikasi energi dengan tujuan dan sasaran untuk mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri, tercapainya elastisitas energi, dan terwujudnya energi (primer) mix yang optimal. Sesuai dengan inpres tersebut maka Kementerian Pertanian diberi tugas untuk:

1. Menyediakan tanaman bahan baku bahan bakar nabati,
2. Mengadakan penyuluhan pengembangan tanaman untuk bahan bakar nabati,
3. Menyediakan benih dan bibit tanaman untuk bahan bakar nabati, dan
4. Mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan kegiatan pascapanen tanaman bahan bakar nabati (Agustian, 2015).

Berikut ditampilkan program pengembangan energy mix nasional mulai tahun 2006 sampai tahun 2025.

No	Jenis BBM	Pemakaian tahun 2006	Komposisi energy yang dituju tahun 2025
1	BBM	64 %	< 20%
2	Gas Bumi	14%	30%
3	Listrik	11%	
4	Batubara	8%	33 %
5	Batubara dicairkan	-	2 %
6	LPG	2%	-
7	Bahan Bakar Nabati	-	5%
8	Panas Bumi	-	5%
9	Energi terbarukan lainnya	-	5%

Sumber Kementerian Negara Lingkungan hidup dalam Agustian (2015)

Menurut Sari dan Hadiyanto (2013) bioenergi adalah energi yang diperoleh dari biomassa sebagai fraksi produk biodegradasi, limbah dan residu dari pertanian (berasal dari nabati dan hewani), industri kehutanan dan terkait, dan sebagian kecil biodegradasi dari

limbah industri dan Kota. Contoh sumber biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan energi adalah makanan, limbah industri, energi dan rotasi pendek tanaman dan limbah pertanian.

Bioenergi sangat baik digunakan sebagai bahan bakar pengganti fosil. Hal ini dikarenakan bioenergi lebih ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dapat terurai, memiliki sifat pelumasan terhadap mesin, mampu mengeliminasi efek rumah kaca, kontinuitas bahan baku terjamin, emisi gas buang bebas sulfur, tidak menghasilkan racun, pembakaran sempurna, dan memiliki cetane number 57-62 sehingga efisiensi pembakaran lebih baik (Anshary dkk, 2012).

Penelitian Latipah dkk (2017) menunjukkan bahwa biofuel dapat dihasilkan dari limbah CPO dengan menggunakan katalis berbasis titanium oksida. Kandungan minyak yang masih terdapat pada limbah CPO dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar minyak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa bahan baku pembuatan bahan bakar nabati bisa berasal dari limbah.

Penelitian Said dan Abram (2016) memanfaatkan limbah kulit singkong (Manihot crantz) sebagai bahan baku bioethanol. Pembuatan bioethanol pada penelitian tersebut memanfaatkan proses fermentasi. Kulit singkong masih memiliki kandungan pati sehingga fermentasi kulit singkong pada penelitian tersebut menghasilkan kadar glukosa sebesar 9,9% dengan etanol tertinggi sebesar 6,00% pada waktu fermentasi 8 hari.

Menurut Saaman dkk (2014) pemanfaatan limbah pertanian dapat diolah lebih lanjut menjadi biogas yang penerapannya menggunakan teknologi tinggi dan banyak diolah oleh sektor industri menengah.

Menurut Anujuprana (2013) dalam Agustian (2015) beberapa pertimbangan yang digunakan sebagai landasan dalam pengembangan biofuel di Indonesia adalah sebagai berikut:

a. Teknnologi biofuel mampu meningkatkan peran masyarakat dan pemerintah untuk meningkatkan pembangunan ekonomi daerah.
b. Ketersediaan beragam bahan baku yang dapat digunakan untuk produksi biofuel.
c. Ketersediaan lahan untuk pengembangan bahan baku biofuel.
d. Biofuel dipercaya mampu mengurangi emisi CO_2 di udara sehingga membuat udara lebih sehat.

Bioenergi merupakan salah satu hasil produksi dari ekonomi berbasis bio. Dalam pengembangan ekonomi berbasis bio ini, maka ada beberapa factor yang harus dipertimbangkan dalam pengembangannya. Faktor tersebut menurut Eickhout (2012) dalam Sugiyono (2017) antara lain:

a. Penurunan emisi gas rumah kaca
   Bioenergi sebagai salah satu ekonomi berbasis bio dipercaya mampu menurunkan emisi gas rumah kaca. Padahal ekonomi berbasis bio secara definisi tidak mengakibatkan pengurangan emisi.
b. Penyediaan pangan
   Beberapa bahan baku produksi bioenergi seperti kelapa sawit, singkong, dan tebu merupakan bahan pangan. Hal ini mengakibatkan adanya persaingan antara pangan dan energi.
c. Keterbatasan lahan
   Untuk dapat menghasilkan bioenergi secara berkelanjutan, maka bahan baku bioenergi tesebut juga harus ada secara berkelanjutan. Untuk menjamin ketersediaan bahan baku tersebut tentu saja diperlukan perluasan lahan pertanian penghasil sumber bahan baku bioenergi tersebut. Perluasan lahan biasanya dilakukan melalui konversi hutan, namun pada kenyataannya konversi hutan mengakibatkan berkurangnya biodiversitas yang penting dalam ekosistem.
d. Teknologi
   Untuk menghasilkan bioenergi yang mampu mengurangi emisi gas rumah kaca, maka diperlukan teknologi yang tepat.

Sehingga pemilihan teknologi yang tepat menjadi salah satu factor yang harus diperhatikan dalam pengembangan ekonomi berbasis bio.

e. Kelangkaan sumber daya

   Air dan unsur hara merupakan hal yang penting dalam penyediaan produksi biomassa. Sehingga pemanfaatan air dan unsur hara yang tidak sesuai dapat mengakibatkan produksi biomassa tidak dapat dipertahankan untuk jangka waktu yang lama.

f. Tidak berfokus pada nilai tambah yang tinggi

   Kebutuhan akan bioenergi tentu saja akan naik seiring berjalannya waktu. Fenomena ini tentu saja akan mengakibatkan penyediaan bioenergi tidak bisa berkelanjutan. Untuk itu disamping memproduksi bioenergi juga harus berfokus pada produksi biomaterial yang mempunyai nilai tambah yang tinggi.

g. Kurang tata kelola

   Koherensi kebijakan dari berbagai pihak terkait menjadi kunci sukses dalam pengembangan ekonomi berbasis bio. Sehingga tata kelola yang kurang baik akan menghambat keberlanjutan produksi bioenergi untuk jangka panjang.

B. Perkembangan Bioenergi

Pemanfaatan bioenergi di Indonesia telah dimulai sejak zaman nenek moyang bangsa Indonesia. Pemanfaatan kayu bakar dalam kegiatan masak memasak pada rumah tangga menjadi salah satu contoh penggunaan bioenergi. Pemanfaatan bioenergi sebagai bahan bakar minyak mulai dilaksanakan pada tahun 2008 sesuai kebijakan mandatori BBM. Cangkang dan serat digunakan sebagai bahan bakar boiler pada industri kelapa sawit. Limbah cair digunakan sebagai biogas untuk bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga gas (PLTG). Sumber energi industri pulp dan kertas adalah *bark* dan *bark liquor* (lindi hitam) serta *non-condensate gas*

dan *bio-sludge*. Sedangkan bahan bakar yang digunakan pada industri gula adalah *bagasse* tebu (Sugiyono, 2017).

Program Pengembangan bioenergi

1. Program Bahan Bakar Nabati
2. Program Biogas Nasional
3. Program Pengembangan Pembangkit Listrik Berbasis Bioenergi
4. Pengembangan Bioenergi Berbasis Hutan dan TanamanNon-Pangan

Pemanfaatan tumbuhan sebagai bahan baku bioenergi menyisakan permasalahan tersendiri dalam pengembangan bioenergi. Permasalahan tersebut menurut Maarif dan Papilo (2016) diantaranya:

1. Perluasan lahan berdampak pada penebangan hutan dalam rangka perluasan lahan perkebunan dan pertanian.
2. Berkurangnya keanekaragaman hayati.
3. Temperatur panas bumi yang meningkat akibat kurangnya daya serap tanaman terhadap jumlah karbon monoksida yang ada di udara.
4. Memungkinkan munculya konflik kepentingan antara lembaga pemerhati lingkungan dengan perusahaan dan petani penggarap lahan. .

Menurut Sugiyono (2017) penggunaan energi terbarukan masih akan mengalami kendala selama biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan energi fosil. Untuk itu sistem produksi bahan baku bioenergi perlu mempertimbangkan proses daur ulang, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam yang terbatas dan meningkatkan penggunaaan sumber terbarukan. Dalam produksi biomassa yang berkelanjutan yang menjadi prioritas adalah memastikan proses konservasi, regenerasi, daur ulang dan substitusi sumber daya dapat terlaksana dengan tetap menjaga keanekaragaman hayati dan modal sosial.

Pengembangan minyak jarak pagar sebagai substitusi BBM adalah memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair berbahan

baku minyak nabati di Indonesia, mengurangi impor BBM dan memperkuat suplai bahan bakar dalam negeri, meningkatkan pendapatan ekonomi masyarakat pedesaan, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri penyedia minyak yang ramah lingkungan (Heruhadi&Sumarsono, 2006). Jarak pagar di Indonesia merupakan tanaman yang mudah dibududayakan dan biasanya digunakan untuk obat gosok luka dan bahan bakar obor (Prastowo, 2007). Hal ini tentu saja menjadi salah satu sumber daya untuk pengembangan minyak jarak pagar sebagai substitusi BBM di Indonesia.

Menurut Badan penelitian dan pengembangan pertanian (2013) dalam Agustian (2015), beberapa kebijakan dalam pengembangan bioenergi yang telah dilakukan anatara lain:

a. Mengembangkan komoditas pertanian yang telah banyak di tanam seperti kelapa sawit, kelapa, ubi kayu, dan sagu.
b. Mengkaji dan mengembangkan komoditas lain sebagai bahan baku bioenergi seperti jarak pagar, kemiri sunan, aren, dan nyamplung.
c. Memanfaatkan biomassa limbah pertanian.
d. Memanfaatkan kotoran ternak sebagai biogas.

Menurut Kardono (2008) dalam Agustian (2015) Khusus untuk ubi kayu sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati terdapat beberapa kebijakan yang perlu dilakukan diantaranya pengembangan ubi kayu varietas unggul, perluasan lahan penanaman ubi kayu, pengembangan pabrik skala kecil, menengah, dan besar, mengoptimalkan kapasitas terpasang pabrik pupuk, peningkatan kapasitas produksi methanol, menyediakan sarana produksi, melakukan inventarisasi dan pembuatan skala prioritas pembangunan infrastruktur.

C. Peranan Bioenergi

Menurut Soerawidjaja (2010) Peran dan makna strategis bioenergi bagi Indonesia antara lain:

1. Bangsa Indonesia dikaruniai biodiversitas dan lahan potensial yang amat besar dan dapat menjamin pasokan energi bagi masyarakat Indoonesia. Sehingga pengembangan bioenergi di Indonesia diharapkan dapat dilakukan untuk jangka yang panjang.
2. Bentuk kepulauan NKRI membuat transmisi dan distribusi listrik maupun Bahan Bakar Minyak sulit untuk dilakukan, sehingga pulau-pulau di Indonesia harus bisa menghasilkan dan memenuhi kebutuhan listrik dan BBM.
3. Banyak provinsi dan pulau di Indonesia yang tidak memiliki cadangan bahan bakar fosil yang memadai.
4. Biomassa (sumber daya hayati) sebagai bahan baku bioenergi tersedia hampir di semua pulau di Indonesia. Sehingga bioenergi memungkinkan untuk dapat dikembangkan di seluruh wilayah Indonesia dan dimanfaatkan oleh seluruh masyarakat Indonesia.

Kebijakan pemanfaatan bioenergi diharapkan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 40% pada tahun 2030 dan 75 % pada tahun 2050 terhadap tahun dasar 1990, meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan menurunkan kebutuhan 20% pada tahun 2030 dan 50% pada tahun 2050, serta melakukan diversifikasi penyediaan energi melalui pengurangan penggunaan energi nuklir dan fosil dan mempercepat pemanfaatan energi terbarukan bagi seluruh masyarakat Indonesia (Sugiyono, 2017).

Evaluasi Bab 1

Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Kendaraan dengan mesin diesel menggunakan bahan bakar…
   a. Bensin
   b. Pertamax
   c. Avtur
   d. Solar
2. Bahan bakar yang biasa digunakan untuk industri adalah…
   a. Solar
   b. Minyak Bakar
   c. Minyak diesel
   d. Avtur
3. Pernyataan berikut ini benar, kecuali…
   a. Jumlah bahan bakar fosil berkurang karena peningkatan jumlah kendaraan bermotor.
   b. Jumlah bahan bakar fosil berkurang karena meningkatnya jumlah industri.
   c. Bahan bakar fosil dapat dibuat dalam waktu yang relatif cepat.
   d. Energi alternatif dibutuhkan untuk mengatasi penurunan jumlah bahan bakar fosil.
4. Berikut ini kelebihan bioenergi dibandingkan bagan bakar fosil, kecuali…
   a. Harganya lebih murah.
   b. Memiliki emisi karbon yang lebih ramah lingkungan.
   c. Memiliki bahan dasar yang melimpah.
   d. Dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah.
5. Berikut ini yang bukan tugas dari kementerian pertanian dalam menyiapkan energi alternatif adalah…
   a. Menyiapkan bahan baku untuk pembuatan energi alternatif
   b. Menyiapkan bibit tanaman yang dapat digunakan untuk pembuatan energi alternatif.

c. Mengadakan pengembangan tanaman yang dapat digunakan untuk pembuatan energi alternatif.
d. Menyiapkan tempat-tempat produksi energi alternatif.

6. Berikut ini yang tidak dapat digunakan sebagai sumber biomassa adalah…
   a. Makanan
   b. Limbah industri
   c. Limbah pertanian
   d. Limbah rumah sakit
7. Berikut ini yang bukan emisi dari bahan bakar fosil adalah
   a. CO_2
   b. SO_2
   c. NO_2
   d. NaCl
8. Berikut ini yang bukan alasan pengembangan biofuel di Indonesia adalah…
   a. Mampu meningkatkan peran masyarakat dalam pembanguan ekonomi daerah.
   b. Jumlah lahan untuk pengembangan energi alternatif di Indonesia cukup memadai.
   c. Jumlah penduduk Indonesia cukup untuk memproduksi energi alternatif.
   d. Indonesia memiliki ragam bahan baku untuk produksi energi alternatif.
9. Berikut ini tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan baku energi alternatif kecuali…
   a. Sawit
   b. Biji Jarak
   c. Jati
   d. Ubi Kayu
10. Berikut ini bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biogas adalah…
    a. Kotoran hewan
    b. Kelapa

c. Sawit
d. Limbah tempe

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Jelaskan factor-faktor yang harus diperhatikan dalam pengembangan energi alternatif di Indonesia?
2. Sebutkan program-program pengembangan bioenergi di Indonesia?
3. Jelaskan permasalahan-permasalah yang ditemukan dalam pengembangan energi alternatif di Indonesia?
4. Jelaskan kebijakan-kebijakan yang dapat digunakan untuk mendorong pengembangan energi alternatif di Indonesia?
5. Jelaskan peran energi alternatif bagi Indonesia?
6. Jelaskan peran provinsi Bengkulu dalam mengembangkan energi alternatif?

BAB II
KEBIJAKAN ENERGI DI INDONESIA

Energi merupakan kebutuhan seluruh masyarakat Indonesia guna menunjang kehidupan mereka. Agar kebutuhan energi masyarakat Indonesia dapat terpenuhi, maka pemerintah Republik Indonesia harus dapat menyiapkan kebutuhan energi tersebut. Bioenergi sebagai salah satu sumber energi terbarukan juga mendapat perhatian pemerintah dalam pengelolaannya agar energi yang dihasilkan dari bioenergi tersebut dapat digunakan untuk kemakmuran rakyat. Untuk mengatur tentang pengelolaan bioenergi di Indonesia, Pemerintah Republik Indonesia membuat undang-undang, peraturan presiden, dan peraturan menteri. Berikut peraturan-peraturan perundangan yang pernah dibuat oleh pemerintah Republik Indonesia untuk mengatur kebijakan energi di Indonesia.

A. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dibuat sebagai pedoman dalam pengelolaan energi nasional untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Peraturan ini memuat tentang tujuan dan sasaran kebijakan energi nasional, langkah kebijakan pengelolaan energi nasional, penetapan harga energi, pemberian kemudahan dan insentif bagi pelaksana konservasi energi dan pengembang sumber energi alternatif. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 memuat hal-hal sebagai berikut

- Sasaran kebijakan energi nasional adalah:
  1. Tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 pada tahun 2021

2. Terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional:
    a. Panas bumi menjadi lebih dari 5 %
    b. Minyak bumi menjadi kurang dari 20%
    c. Gas bumi menjadi lebih dari 30%
    d. Energi baru dan terbarukan lainnya menjadi lebih dari 5% energi yang dimaksud anatara lain biomassa, nuklir, tenaga angin.
    e. Batubara menjadi lebih dari 33%
    f. Biofuel menjadi lebih dari 5%
    g. Bahan bakar lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2%.

❖ Kebijakan utama pemerintah meliputi
1. Pelestarian lingkungan dengan menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan.
2. Penyediaan energi,melaui kegiatan penjaminan ketersediaan pasokan energi dalam negeri, pengoptimalan produksi energi, dan pelaksanaan konversi energi
3. Pemanfaatan energi, melalui efisiensi pemanfaatan energi dan diversifikasi energi
4. Penetapan kebijakan harga ke arah harga keekonomian dengan tetap mempertimbangkan bantuan bagi rumah tangga miskin dalam jangka waktu tertentu.

❖ Kebijakan pendukung yang disiapkan antara lain:
1. Pengembangan penelitian dan pengembangan serta pendidikan dan pelatihan.
2. Pengembangan infrastruktur energi termasuk peningkatan akses konsumen terhadap energi
3. Pemberdayaan masyarakat
4. Kemitraan pemerintah dan dunia usaha

Menurut peraturan ini Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral menetapkan *Blueprint* sebagai dasar bagi penyusunan pola pengembangan dan pemanfaatan masing-masing jenis energi.

Blueprint yang dibuat oleh menteri ESDM merupakan hasil konsultasi dengan menteri terkait. *Blueprint* yang dibuat sekurang-kurangnya memuat tentang kebijakan mengenai jaminan keamanan pasokan energi dalam negeri, kebijakan mengenai kewajiban pelayanan publik, dan cara pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya energi. Sedangkan penetapan harga energi yang dihasilkan harus memberikan dampak optimum terhadap divesifikasi energi.

B. Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 tahun 2006

Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain. Peraturan ini dibuat dalam rangka percepatan penyediaan dan pemanfatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain. Presiden menunjuk 13 kementerian beserta gubernur dan bupati/walikota Guna melaksanakan percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati. Berikut peran masing-masing kementrian, gubernur, bupati/walikota pada percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati:

1. Menteri koordinator bidang perekonomian mengkoordinasikan persiapan pelaksanaan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
2. Menteri energi dan sumber daya mineral:
    a. Menetapkan tata niaga yang sederhana dari bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain ke dalam sistem tata niaga bahan bakar minyak.
    b. Memuat jaminan ketersediaan bahan bakar nabati serta jaminan kelancaran dan pemeratan distribusinya.
    c. Menetapkan standard dan mutu bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
    d. Menetapkan paket kebijakan insentif dan tarif bagi pengembangan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain dengan berkoordinasi dengan instansi terkait.

e. Mendorong perusahaan yang bergerak di bidang energi dan sumber daya mineral untuk memanfaatkan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
f. Menetapkan sistem dan prosedur yang sederhana untuk pengujian mutu bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
g. Melaksanakan sosialisasi penggunaan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.

3. Menteri pertanian bertanggung jawab untuk:
   a. Mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan kegiatan pasca panen tanaman bahan baku bahan bakar nabati.
   b. Mendorong penyediaan tanaman bahan baku bahan bakar nabati termasuk benih dan bibitnya;
   c. Melakukan penyuluhan pengembangan tanaman bahan baku bahan bakar nabati;
   d. Memfasilitasi penyediaan benih dan bibit tanaman bahan baku bahan bakar nabati
4. Menteri kehutanan memberikan izin pemanfaatan lahan hutan yang tidak produktif bagi pengembangan bahan baku bahan bakar nabati sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
5. Menteri perindustrian meningkatkan pengembangan produksi dalam negeri peralatan pengolahan bahan baku bahan bakar nabati dan mendorong pengusaha dalam mengembangkan industri bahan bakar nabati.
6. Menteri perdagangan bertanggung jawab untuk:
   a. Mendorong kelancaran pasokan dan distribusi bahan baku bahan bakar nabati
   b. Menjamin kelancaran pasokan dan distribusi komponen-komponen peralatan pengolahan dan pemanfaatan bahan bakar nabati.
7. Menteri perhubungan mendorong peningkatan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain di sektor transportasi.

8. Menteri Negara Riset dan Teknologi mengembangkan teknologi, memberikan saran aplikasi pemanfaatan teknologi penyediaan dan pengolahan, distribusi bahan baku serta pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
9. Menteri Negara Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah membantu dan mendorong koperasi dan usaha kecil dan menengah untuk berpartisipasi dalam pengembangan tanaman bahan baku bahan bakar nabati serta pengolahan dan perniagaan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
10. Menteri Negara Badan Usaha Milik Negara (BUMN) bertanggung jawab untuk:
    a. Mendorong BUMN bidang rekayasa untuk mengembangkan teknologi pengolahan bahan bakar nabati;
    b. Mendorong BUMN bidang pertanian, perkebunan dan kehutanan untuk mengembangkan tanaman bahan baku bahan bakar nabati;
    c. Mendorong BUMN bidang energi untuk memanfaatkan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain;
    d. Mendorong BUMN bidang industri untuk mengembangkan industri pengolahan bahan bakar nabati;
11. Menteri Dalam Negeri mengkoordinasikan dan memfasilitasi pemerintah daerah dan jajarannya serta penyiapan masyarakat dalam penyediaan lahan di daerah masing-masing, terutama lahan kritis bagi budidaya bahan baku bahan bakar nabati.
12. Menteri keuangan mengkaji peraturan perundang-undangan di bidang keuangan dalam rangka pemberian insentif dan keringan fiskal untuk penyediaan bahan baku dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain.
13. Menteri Negara Lingkungan Hidup melakukan sosialisasi dan komunikasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain yang ramah lingkungan.
14. Gubernur sebagai pimpinan provinsi bertanggung jawab untuk:

a. Memfasilitasi penyediaan lahan di daerah msing-masing sesuai dengan kewenangannya terutama lahan kritis bagi budidaya bahan bakar nabati;
b. Melaksanakan kebijakan untuk meningkatkan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain di daerahnya sesuai dengan kewenangannya;
c. Melaksanakan sosialisasi pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain di daerahnya;
d. Melaporkan pelaksanaan instruksi ini kepada menteri dalam negeri.

15. Bupati/Walikota sebagai pimpinan kabupaten/kota bertanggung jawab untuk:
    a. Memfasilitasi penyediaan lahan di daerah masing-masing sesuai dengan kewenangannya terutama lahan kritis bagi budi daya bahan baku bahan bakar nabati.
    b. Melaksanakan kebijakan untuk meningkatkan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain di daerahnya sesuai dengan kewenangannya;
    c. Melaksanakan sosialisasi pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain di daerahnya;
    d. Melaporkan pelaksanaan instruksi ini kepada Gubernur.

C. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 tahun 2007

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 tahun 2007 tentang energi dibuat sebagai dasar pengelolaan energi oleh Negara agar kebutuhan energi rakyat dapat terpenuhi. Pemenuhan kebutuhan energi rakyat merupakan prioritas utama pemerintah sehinggan keterbatasan cadangan energi tak terbarukan menjadi masalah utama yang harus diselesaikan oleh pemerintah untuk menjamin keberlangsungan energi tersebut. Menurut undang-undang ini, tujuan pengelolaan energi adalah:

1. Tercapainya kemandirian pengelolaan energi
2. Terjaminnya ketersediaan energi dalam negeri, baik dari sumber di dalam negeri maupun di luar negeri

3. Tersedianya sumber energi dari dalam dan luar negeri guna pemenuhan energi dalam negeri, pemenuhan kebutuhan bahan baku industri dalam negeri dan peningkatan devisa Negara.
4. Terjaminnya pengelolaan sumber daya energi secara optimal, terpadu, dan berkelanjutan
5. Termanfaatkannya energi secara efisien di semua sector
6. Tercapainya peningkatan akses masyarakat daerah terpencil dengan cara menyediakan bantuan untuk meningkatkan ketersediaan energi kepada masyarakat tidak mampu, dan membangun infrastruktur energi untuk daerah belum berkembang sehingga dapat mengurangi disparitas antar daerah;
7. Tercapainya pengembangan kemampuan industri energi dan jas energi dalam negeri agar mandiri dan meningkatkan profesionalisme sumber daya manusia;
8. Terciptanya lapangan kerja;
9. Terjaganya kelestarian fungsi lingkungan hidup

Penyediaan energi dilakukan melalui:

a. Inventarisasi sumber daya energi
b. Peningkatan cadangan energi
c. Penyusunan neraca energi
d. Diversifikasi, konservasi, dan intensifikasi sumber energi dan energi

Pemanfaatan energi dilakukan berdasarkan pada asas:

a. Mengoptimalkan seluruh potensi sumber daya energi
b. Mempertimbangkan aspek teknologi, social, ekonomi, konservasi dan lingkungan
c. Memprioritaskan pemenuhan kebutuhan masyarakat dan peningkatan kegiatan ekonomi di daerah penghasil sumber energi.

Untuk menjamin ketersediaan energi nasional, maka pemerintah dengan persetujuan DPR membentuk Dewan Energi Nasional. Adapun tugas dari Dewan Energi Nasional adalah:

1. Merancang dan merumuskan kebijakan energi nasional yang nantinya ditetapkan oleh pemerintah dengan persetujuan DPR. Adapun ruang lingkup kebijakan energi nasional diantaranya adalah ketersediaan energi untuk memenuhi kebutuhan nasional, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya energi nasional, memprioritaskan pengembangan energi, dan mempersiapkan cadangan penyangga energi nasional.
2. Menetapkan langkah-langkah untuk menanggulangi kondisi krisis dan darurat energi.
3. Membuat dan menetapkan rencana umum energi nasional.
4. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan kebijakan di bidang energi yang bersifat lintas sektoral.

Kewenangan terhadap pemenuhan kebutuhan energi menjadi kewenangan pemerintah dan pemerintah pusat. Undang-undang ini juga menyusun kewenangan tersebut.

D. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 32 tahun 2008

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2008 tentang penyediaan, pemanfaatan dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain dibuat dalam rangka percepatan penyediaan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain. Menurut peraturan ini, bahan bakar lain adalah bahan bakar yang berbentuk cair atau gas yang berasal dari selain minyak bumi, gas bumi, dan hasil olahan. Sedangkan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain adalah bahan bakar yang berasal dari bahan bahan nabati dan/atau dihasilkan dari bahan-bahan organik lain, yang ditataniagakan sebagai bahan bakar lain. Bahan bakar nabati sebagaimana dimaksud pada peraturan ini antara lain:

- Biodiesel (B100) adalah produk fatty Acid Methyl Ester (FAME) atau Mono Alkyl Ester yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomasa lainnya yang diproses secara esterifikasi.
- Bioetanol (E100) adalah produk etanol yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomasa lainnya yang diproses secara bioteknologi
- Minyak nabati Murni (O100) adalah produk yang dihasilkan dari bahan baku nabati yang diproses secara mekanik dan fermentasi.

Menurut peraturan ini untuk meningkatkan pemanfaatan bahan bakar lain dalam rangka ketahanan energi nasional, maka badan usaha pemegang izin usaha niaga bahan bakar minyak dan pengguna langsung bahan bakar minyak wajin menggunakan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain secara bertahap. Adapun tahapan penggunaan bahan bakar nabati sesuai peraturan ini adalah sebagai berikut:

1. Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodisesl (B100)

Tabel 1. Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodisesl (B100)

Jenis sektor	Oktober 2008 s.d desember 2008	Januari 2009	Januari 2010	Januari 2015**	Januari 2020**	Januari 2025**	Keterangan
Rumah tangga	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan
Transportasi PSO	1 % (existing)	1 %	2,5 %	5%	10%	20%	Terhadap kebutu

							han total
Transportasi NOn PSO	-	1%	3%	7%	10%	20%	
Industri dan komersial	2,5%	2,5 %	5%	10%	15%	20%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit Listrik	0,1%	0,25 %	1%	10%	15%	20%	Terhadap kebutuhan total

2. Pentahapan Kewajiban minimal pemanfaatan Bioetanol (E100)
   Tabel 2. Pentahapan Kewajiban minimal pemanfaatan Bioetanol (E100)

Jenis sektor	Oktober 2008 s.d desember 2008	Januari 2009	Januari 2010	Januari 2015**	Januari 2020**	Januari 2025**	Keterangan
Rumah tangga	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan
Transportasi	3 % (exist	1 %	3%	5%	10%	15%	Terhadap

PSO	ing)						kebutuhan total
Transportasi NOn PSO	5%	5%	7%	10%	12%	15%	
Industri dan komersial	-	5%	7%	10%	12%	15%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit Listrik	0,1%	0,25%	1%	10%	15%	20%	Terhadap kebutuhan total

3. Pentahapan Kewajiban minimal pemanfaatan minyak nabati murni (O100)

   Tabel 3. Pentahapan Kewajiban minimal pemanfaatan minyak nabati murni (O100)

Jenis sektor	Oktober 2008 s.d desember 2008	Januari 2009	Januari 2010	Januari 2015**	Januari 2020**	Januari 2025**	Keterangan
Rumah tangga	-	-	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan

Transportasi PSO	1 % (existing)	1 %	2,5 %	5%	10%	20%	Terhadap kebutuhan total
Transportasi Non PSO	-	1%	3%	7%	10%	20%	
Industri dan komersial	2,5%	2,5 %	5%	10%	15%	20%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit Listrik	0,1%	0,25 %	1%	10%	15%	20%	Terhadap kebutuhan total

Adapun kewajiban badan usaha yang melaksanakan kegiatan usaha niaga bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain adalah menjamin ketersediaan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain guna memenuhi kebutuhan energi dalam negeri secara berkesinambungan dan memanfaatkan serta mengutamakan bahan bakar nabati dari produksi dalam negeri. Untuk itu badan usaha tersebut dapat diberikan insentif baik fiskal dan/atau non-fiskal sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Untuk dapat menjadi badan usaha dalam kegiatan usaha niaga bahan bakar nabati maka syarat administratif yang dibutuhkan antara lain:

1. Akta pendirian badan usaha.
2. Biodata badan usaha.
3. Nomor Pokok Wajib Pajak (NPWP).

4. Surat Tanda Daftar Perusahaan (TDP).
5. Surat keterangan domisili badan usaha.
6. Surat pernyataan tertulis mengenai kesanggupan memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan.
7. Surat pernyataan tertulis mengenai kesediaan dilakukan inspeksi lapangan oleh direktorat jenderal.
8. Sumber perolehan bahan baku sebagai bahan bakar lain yang diusahakan.
9. Data standard dan mutu bahan bakar lain yang diniagakan.
10. Nama dan merk dagang bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain untuk retail.
11. Informasi kelayakan usaha.
12. Surat pernyataan tertulis mengenai kemampuan penyediaan bahan bakar lain.
13. Surat pernyataan tertulis tentang kesanggupan untuk memenuhi aspek kesalamatan dan kesehatan kerja serta pengelolaan lingkungan hidup.

Beberapa kewajiban badan usaha dalam melaksanakan kegiatan usaha niaga bahan bakar nabati sebagi bahan bakar lain adalah:

1. Menjamin dan bertanggung jawab terhadap penyaluran bahan bakar nabati sampai ke tingkat penyalur/konsumen akhir sesuai standard an mutu yang ditetapkan.
2. Memberikan harga jual yang wajar kepada konsumen.
3. Menjamin penyediaan fasilitas dan sarana kegiatan usaha yang memadai dalam memproduksi bahan bakar nabati.
4. Menjamin dan bertanggung jawab atas penggunaan peralatan, keakuran, dan system alat ukur yang sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.
5. Menggunamakan nama dan merek dagang tertentu bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain untuk retail.
6. Mengutamakan pemenuhan kebutuhan dalam negeri.

7. Menyampaikan laporan tentang kegiatan usaha niaga bahan bakar nabati kepada direktur Jenderal setiap 3 bulan sekali atau sewaktu waktu apabila diperlukan.

Peraturan ini juga mengatur tentang pembinaan dan pengawasan yang dilakukan oleh direktur jenderal terhadap kegiatan usaha niaga, standard dan mutu, pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja serta pengelolaan lingkungan hidup, dan pelaksanaan kewajiban pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain oleh badan usaha niaga yang bergerak dibidang bahan bakar nabati.

E. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan Undang-undang ini menjelaskan tentang prioritas pemanfaatan sumber energi primer untuk penyediaan tenaga listrik menggunakan sumber EBT.

F. Peraturan Menteri ESDM Nomor 25 Tahun 2013

Peraturan Menteri ESDM Nomor 25 Tahun 2013 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2008 tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain dibuat dalam rangka mendukung kebijakan ekonomi makro dan mengurangi impor bahan bakar minyak.

G. Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018

Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018 tentang percepatan pembangunan instalasi pengelolaan sampah menjadi energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan merupakan kebijakan yang dibuat oleh pemerintah untuk meningkatkan ketangguhan kota dalam menjaga kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan. Selain itu pperaturan ini juga dimaksudkan untuk mengurangi volume sampah secara signifikan untuk kebersihan dan keindahan

kota. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa sampah organik maupun anorganik dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas, bioethanol, maupun biodiesel. Peraturan ini tentu menjadi daya dukung yang kuat dalam pengelolaan sampah.

Beberapa hal yang diatur dalam peraturan ini antara lain:

- Yang dimaksudkan sampah pada peraturan ini adalah sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga
- Badan usaha yang disebut sebagai pengelola sampah adalah badan usaha yang menandatangani kontrak kerja sama dengan pemerintah daerah untuk mengelola sampah.
- Teknologi yang ramah lingkungan menjadi standar dalam pengolahan sampah menjadi energi listrik.
- PLTSa merupakan sebutan pembangkit listrik berbasis sampah. Teknologi PLTSa merupakan teknologi ramah lingkungan yang memenuhi baku mutu sesuai dengan ketentuan perundang-undangan .
- Pemerintah daerah yang telah diberi kewenangan dalam pengelolaan sampah menjadi energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan adalah Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang, Kota Tangerang Selatan, Kota Bekasi, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Surakarta, Kota Surabaya, Kota Makasar, Kota Denpasar, Kota Palembang, dan Kota Manado.
- Untuk mempercepat pembangunan PLTSa maka gubernur atau wali kota dapat menugaskan Badan Usaha Miliki Daerah atau melakukan kompetisi badan usaha.
- Sebelum menugaskan Badan Usaha Milik Negara untuk mengelola sampah menjadi energi listrik maka gubernur atau walikota harus mempunyai prastudi kelayakan, menyediakan lahan, dan menyampaikan komitmen pengalokasian anggaran untuk biaya pengangkutan dan biaya pengelolaan sampah di dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah.

Jawablah Pertanyaan di Bawah ini!

1. Energi digunakan untuk menunjang kehidupan manusia. Jelaskan makna kata energy sebagai penunjang kebutuhan manusia?
2. Pemerintah mengeluarkan peraturan peraturan perundang-undangan tentang energy. Mengapa peraturan tersebut perlu dikeluarkan?
3. Mengapa kebijakan tentang penggunaan energy terbarukan perlu dikeluarkan?
4. Menurut peraturan pemerintah yang ada, apa saja bentuk bentuk energy terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia?
5. Bagaimana cara pemerintah menjamin keamanan pasokan energy di Indonesia?
6. Jelaskan perbedaan antara bahan bakar nabati dengan bahan bakar lain?
7. Syarat-syarat apa saja yang harus disiapkan oleh badan usaha untuk membuka kegiatan usaha niaga bahan bakar nabati?
8. Kewajiban apa saja yang melekat pada badan usaha yang bergerak pada sektor bahan bakar nabati?
9. Berapa persen kewajiban pemanfaatan minyak nabati murni untuk sektor rumah tangga?
10. Sektor apa yang memiliki kewajiban paling tinggi dalam memanfaatkan minyak nabat murni?

BAB III
BIOETANOL

Kebutuhan bahan bakar yang terus meningkat setiap tahunnya mengakibatkan pencarian terhadap sumber-sumber energi alternatif terus dilakukan. Kebijakan untuk mendapatkan energy alternatif tidak hanya difokuskan untuk memenuhi kebutuhan energy, tetapi juga untuk menurunkan emisi karbon yang meningkatkan pencemaran udara. Polusi udara akibat pembakaran bahan bakar fosil yang terus menurunkan kualitas lingkungan juga menjadi sebuah tugas berat yang harus segera dicari jalan keluarnya. Bioetanol menjadi salah satu energy alternatif yang diharapkan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Menurut Erna dkk (2016) etanol adalah cairan dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bahan baku pembuatan etanol dapat berasal dari bahan yang mengandung selulosa, polisakarida, dan monosakarida. Bioetanol adalah bahan kimia yang diproduksi dari bahan pangan seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu, kentang, gandum, tebu, bit, tongkol jagung, limbah jerami, dan limbah sayuran lainnya. Mikroorganisme yang biasa digunakan pada produksi bioethanol adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganisme ini banyak digunakan dengan alasan kemudahan dalam mendapatkannya di alam, *Saccharomyces cerevisiae* memiliki ketahanan hidup yang tinggi, serta kemampuannya untuk menghasilkan alcohol yang cukup tinggi (Jayus dkk, 2016)

Etanol atau etil alcohol merupakan cairan tidak berwarna yang memiliki karakteristik mudah terbakar, larut dalam air, biodegradable, tidak karsinogenik, dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan (Wiratmaja, 2010).

Bioetanol adalah bahan bakar (ethyl alcohol dengan rumus kimia (C_2H_5OH) yang diproduksi dari bahan bakar nabati. Bioetanol merupakan cairan bersih yang tidak berwarna, pembakarannya menghasilkan gas karbondioksida dan air, serta tidak menyebabkan polusi (Santoso & Sutjahjo, 2013). Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) tingkat emisi karbon dari campuran bensin dan etanol lebih rendah bila dibanhdingkan emisi karbon yang dihasilkan oleh campuran premium dan pertamax (Shintawaty dalam Warni&Bardant, 2017).

Mastufatun dalam Khaira dkk (2015) menyebutkan bahwa bioethanol merupakan cairan biokimia yang terbentuk dari proses fermentasi gula yang bersumber dari karbohidrat, pati, selulosa, dan glukosa dengan bantuan mikroorganisme. Penggunaan bioethanol cukup menguntungkan karena dapat diproduksi terus menerus, ramah lingkungan, dan dapat di manfaatkan sebagai bahan baku untuk industri lain seperti industry kosmetik, farmasi, kimia, dan industry bahan bakar.

Menurut Balai Besar Teknologi Pati (B2TP) sumber utama bioethanol adalah tanaman yang mengandung pati (seperti singkong, kelapa sawit, tengkawang, kelapa, kapuk, jarak pagar, rambutan, sirsak, malapari, dan nyamplung), bergula (seperti nira tebu, tetes tebu, nira kelapa, sorgum manis, nira aren), dan serat selulosa (seperti batang sorgum, batang pisang, jerami, kayu, dan bagas), limbah tapioca, tongkol jagung, dan bahan baku lain yang mengandung karbohidrat.

Menurut Agustian (2015) kendala yang dihadapi dalam produksi bioetanol dari ubi kayu adalah kontinuitas bahan baku, persaingan bahan baku antara penggunaan untuk pangan dan sebagi bahan baku bioetanol, dan harga ubi kayu yang terus meningkat. Untuk itu penelitian penelitian dilakukan untuk mencari sumber bahan baku bioethanol untuk menurunkan persaingan antara bahan pangan dan bahan baku pembuatan etanol.

Penelitian Khaira dkk (2015) memanfaatkan tongkol jagung sebagai bahan baku dalam pembuatan bioethanol. Kandungan 48 % selulosa pada tongkol jagung menjadi dasar pemanfaatan tongkol jagung sebagai bagan baku pembuatan bioethanol. Proses pembuatan bioethanol dari tongkol jagung dilakukan melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak menggunakan enzim selulase kasar serta *yeast Saccharomyces cerevisiae*. Dari penelitian ini didapatkan bahwa semakin banyak enzim yang ditambahkan maka akan semakin banyak glukosa yang dikonversi menjadi bioethanol.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah berupa kulit pisang kapok dilakukan oleh Bahri dkk (2018). Kulit pisang kapok dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol dikarenakan kandung karbohidrat yang terdapat di dalamnya. Hasil penelitian menunjukkan bioethanol dapat dihasilkan dengan sumber bahan baku kulit pisang kapok. Selain itu penelitian ini juga menemukan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak juga bioethanol yang dihasilkan dari kulit pisang kapok.

Penelitian Sukaryo dkk (2013) tentang pemanfaatan umbi kimpul sebagai bahan baku pembuatan bioethanol juga merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mengurangi persaingan antara bahan baku pembuatan bahan bakar dengan bahan baku pangan. Kimpul merupakan salah satu jenis umbi yang mengandung banyak karbohidrat sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol.

Menurut Wiratmaja (2010) Pemanfaatan Alcohol sebagai campuran pada biogasoline memiliki beberapa keuntungan diantaranya:

1. Meningkatkan bilangan oktan
2. Menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna
3. Mengurangi emisi gas karbon dioksida

Keunggulan bioethanol tersebut menjadi dasar pemerintah melalui Surat Keputusan Dirjen Minyak dan Gas Bumi nomor 3674K/24/DJM/2006 pada tanggal 26 Maret 2006 tentang penggunaan bioethanol sebagai campuran bensin maksimal 10% atau biasa disebut dengan gasohol E10 (Hendrawati dkk, 2019).

Menurut Arlianti (2018) bioethanol dengan rumus kimia C_2H_5OH memiliki keuntungan dan kelemahan dalam penggunaanya. Pemakaian bietanol memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan sebagai bahan bakar yang memiliki titik nyala yang lebih tinggi dibandingkan bensin. Selain itu emisi hidrokarbon yang dikeluarkan oleh bioethanol lebih sedikit sehingga lebih ramah lingkungan. Adapun kelemahan penggunaan bietanol adalah pemanfaatan bioethanol pada mesin dingin mengakibatkan mesin lebih sulit untuk melakukan starter, selain itu bioethanol dapat bereaksi dengan magnesium dan alumunium. Limbah-limbah seperti limbah buah pisang, limbah kulit nanas, limbah cucian beras, limbah susu rusak, nira kelapa, dan limbah stroberi merupakan sumber bahan baku dalam pembuatan bioethanol.

Anonymous dalam loupatty (2014) menyebutkan bahwa produk bioethanol dapat dimanfaatkan sebagai berikut:

1. Substitusi bahan bakar minyak jenis minyak tanah jika kadar bioethanol 60% s/d 70%.
2. Substitusi produk alcohol (industri farmasi) dengan kadar bietanol 70% s/d 80%
3. Sebagai bahan pendukung produksi makanan dan minuman dengan kadar bioethanol 70% s/d 90%
4. Sebagai substitusi bahan bakar minyak jenis bensin dengan kadar bioethanol 99,5%.

Selain itu, bioethanol juga dikembangkan sebagai bahan baku kompor bioethanol. Menurut loupatty (2014) kompor bioetanol perlu dikembangkan karena:

1. Kompor bioethanol menggunakan teknologi sederhana dan mudah dikembangkan.
2. Kompor bietanol tidak membutuhkan alat pendukung dalam penggunaannya.
3. Nila efisisensi bioethanol sangat tinggi.
4. Peluang pasar yang besar dan lebar.

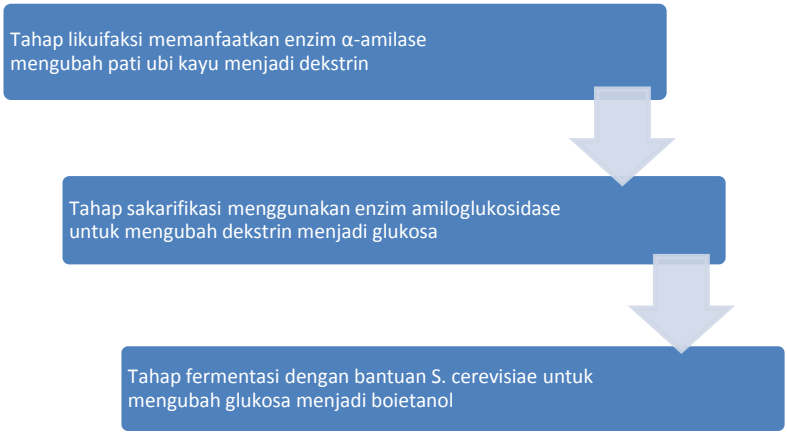
Kemampuan bioethanol untuk dapat menjadi pengganti bahan bakar minyak bensin diakibatkan oleh sifat-sifat fisika etanol mendekati sifat-sifat fisika bensin. Berikut perbandingan sifat fifika etanol dan bensin;

Tabel 4. Sifat fisika etanol dan bensin

No	*Property*	*Ethanol*	*Gasoline*
1	*Chemical formula*	C_2H_5OH	C_4 sd C_{10}
2	*Composition % Weight*		
	Carbon	52,2	85-88
	Hydrogen	13,1	2-15
	Oxygen	34,7	0
3	*Octane Number*		
	Research Octane	108	90-100
	Motor Octane	92	81-90
4	*Density (lb/gal)*	6,61	6,0-6,5
5	*Boiling tem. (^oF)*	172	80-437
6	*Freezing Point (^oF)*	-173,22	-40
7	*Flash Point (^oF)*	55	45
8	*Auto Ignition Temp (^oF)*	793	495
9	*Heating value*		
	Higher (Btu/gal)	84100	124800
	Lower (Btu/gal)	76000	115000
10	*Spesific heat Btu/lb ^oF*	0,57	0,48
11	*Stoichiometric/fuel, weight*	9	14,7

(sumber:Wiratmaja&Elisa, 2020)

Proses produksi bioethanol dapat dilakukan melalui konversi bahan baku dengan memanfaatkan mikroba yang sesuai seperti *Saccaromyces cerevisiae* (Arnata&Anggreni, 2013). Produksi bioethanol dapat dilakukan melalui tahap hidrolisis, tahap persiapan/penumbuhan starter, tahap fermentasi, tahap destilasi, dan tahap analisa secara berturut-turut. Lama fermentasi dipengaruhi oleh factor substrat, suhu, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan (Kunaepah dalam Erna dkk, 2016).



Gambar. 1. Tahap pembuatan bioethanol, diadopsi dari Arnata&Anggreni (2013)

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan baku utama gasohol (bahan bakar campuran bensin dan etanol). Beberapa Negara yang sudah mulai menggunakan gasohol antara lain India, Swedia, Perancis, Brasil, dan Amerika serikat (Agustian, 2015).

Jawablah pertanyaan di bawah ini?

1. Syarat bahan baku etanol adalah…
   a. Mengandung gula
   b. Mengandung asam
   c. Mengandung garam
   d. Mengandung basa
2. Berikut ini yang bukan bahan baku yang biasa digunakan untuk produksi bioethanol adalah…
   a. Tongkol jagung
   b. Kacang hijau
   c. Sagu
   d. Bit
3. Rumus kimia untuk etanol adalah…
   a. C_2H_3OH
   b. C_2H_4OH
   c. C_2H_5OH
   d. $C_6H_{12}O_6$
4. Berikut ini yang bukan syarat bahan baku bioethanol adalah…
   a. Mengandung pati
   b. Memiliki kambium
   c. Mengandung gula
   d. Mengandung serat selulosa
5. Berikut ini yang bukan masalah produksi bioethanol adalah…
   a. Harga bioethanol yang tinggi
   b. Adanya persaingan bahan baku antara penggunaan untuk pangan dan sebagai bahan baku bioethanol.
   c. Harga bahan baku yang terus meningkat
   d. Kontinuitas bahan baku terjaga
6. Berikut ini yang bukan keuntungan menggunakan bioethanol sebagai bahan bakar adalah…
   a. Harga bioethanol yang murah.
   b. Meningkatkan bilangan oktan.
   c. Mengurangi emisi gas karbon dioksida.
   d. Menghasilkan pembakaran yang sempurna.

7. Bioethanol dapat dijadikan pengganti bahan bakar jika kadarnya mencapai…
    a. 30%
    b. 50 %
    c. 70 %
    d. 99,5 %
8. Mikroba yang biasa digunakan untuk produksi bioethanol adalah…
    a. *Saccaromyces cerevisiae*
    b. *Amoeba*
    c. *lactobacillus*
    d. *enzim amilase*
9. Bioethanol dapat dihasilkan melalui proses…
    a. Fotosintesis
    b. Hidrolisis
    c. Pirolisis
    d. Fermentasi
10. Angka oktan etanol adalah..
    a. 70
    b. 80
    c. 90
    d. 92

Jawablah pertanyaan di bawah ini?

1. Sebutkan sumber utama bioethanol?
2. Jelaskan karakteristik bioethanol?
3. Kendala apa saja yang dihadapi dalam produksi bioethanol di Indonesia?
4. Jelaskan proses pembuatan bioethanol?
5. Jelaskan manfaat bioethanol?

BAB IV
BIODIESEL

Peningkatan kebutuhan bahan bakar yang diakibatkan oleh pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi mengakibatkan pasokan bahan bakar semakin lama akan semakin menurun. Untuk itu diperlukan alternatif-alternatif bahan bakar lain sebagai pengganti bahan bakar fosil. Keluarnya Instruksi Presiden Nomor 1 tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternative dianggap sebagai sebuah solusi untuk mengatasi keterbatasan bahan bakar yang mungkin akan terjadi. Salah satu bahan bakar nabati yang mungkin dapat digunakan adalah biodiesel yang dapat dibuat dari bahan baku berupa kedelai, jarak pagar, lemak hewani, kelapa sawit, bunga matahari, tebu, dan alpukat (Devita, 2015).

Biodiesel merupakan monoalkil ester yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi dan/atau transesterifikasi asam-asam lemak rantai panjang dan alcohol dengan bantuan katalis asam dan atau basa (Sartika dkk, 2015). Biodiesel merupakan energi terbarukan yang popular karena selain mampu mengurangi emisi karbon dioksida, sumber energi ini dapat dibuat dengan cara yang cepat dan sederhana. Biodiesel dapat dibuat dari sumber terbaharui seperti minyak hewan atau minyak nabati. Bodiesel bersifat biodegradble karena hamper tidak mengandung sulfur (satriadi dkk, 2014). Menurut Demirbas dalam Menurut Pasae dkk (2008) Standar Tentatif Biodiesel Ester Metil Indonesia (FBI-S01-03) adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Standar Tentatif Biodiesel Ester Metil Indonesia (FBI-S01-03)

Parameter	Batas Nilai	Metode Uji
Massa Jenis pada 40^{o}C (mg/ml)	0,850-0,890	ASTM D 1298
Viskositas kinematik pada 40^{o}C (mm^2/s)	2,3-6,0	ASTM D 445
Angka Setana	Min.48	ASTM D 613
Titik Kilat (^{o}C)	Min.100	ASTM D 93
Titik Awan (^{o}C)	Maks.18	ASTM D 2500
Korosi Strip tembaga (3 jam pada 50^{o}C	Maks. No 3	ASTM D 130
Residu Karbon (%-b) dalam contoh asli	Maks. 0,05	ASTM D 4530
Air dan Sedimen (%-vol)	Maks.0,05	ASTM D 2709
Temperatur distilasi 90 % (^{o}C)	Maks 360	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan (%-b)	Maks 0,02	ASTM D 974
Belerang ppm-b (mg/kg)	Maks 80	ASTM D 5453
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	Maks 10	FBI-A05-03
Angka Asam (mg-KOH/g)	Maks 0,8	FBI-A01-03
Gliserol bebas (%-b)	Maks 0,24	FBI-A02-03
Kadar Ester Alkil (%-b)	Min 96,5	FBI-A03-03
Angka Iodium (g-I_2/100g)	Maks 115	FBI-A04-03
Uji Helpen	negatif	FB!-A06-03

Berikut merupakan tabel penyempurnaan spesifikasi biodiesel

No.	Parameter	Satuan	Batasan	2013	2016	2018	2019
				Kepdirjen EBTKE No. 723 Tahun 2013	Kepdirjen EBTKE No. 100 Tahun 2016	Kepdirjen EBTKE No. 332 Tahun 2018	Kepdirjen EBTKE No. 189 Tahun 2019
1	Angka Setana		Min.	51	51	51	51
2	Massa Jenis T-40°C	kg/m^3		850 - 890	850 - 890	850 - 890	850 - 890
3	Viskositas T-40°C	mm^2/s		2,3 - 6,0	2,3 - 6,0	2,3 - 6,1	2,3 - 6,0
4	Kandungan Sulfur	mg/kg	Maks.	100	50	50	10
5	Distilasi 90%	°C	Maks.	360	360	360	360
6	Titik Nyala	°C	Min.	100	100	100	130
7	Titik Kabut	°C	Maks.	18	18	18	
8	Cold Filter Plugging Point	°C	Maks.			16	15
9	Residu Karbon Contoh Asli	%massa	Maks.	0,05	0,05	0,05	0,05
10	Residu Karbon 10% Ampas Distilasi	%massa	Maks.	0,3	0,3	0,3	0,3
11	Air dan Sedimen	%massa	Maks.	0,05	0,05	0,05	
12	Kandungan Air	ppm	Maks.			500	350
13	Fosfor	mg/kg	Maks.	10	4	4	4
14	Korosi Bilah Tembaga	Kelas		Nomor1	Nomor1	Nomor1	Nomor1
15	Abu Tersulfatkan	%massa	Maks.	0,02	0,02	0,02	0,02
16	Angka Asam	KOH/g	Maks.	0,6	0,5	0,5	0,4
17	Gliserol Bebas	%massa	Maks.	0,02	0,02	0,02	0,02
18	Gliserol Total	%massa	Maks.	0,24	0,24	0,24	0,24
19	Kadar Ester Metil	%massa	Min.	96,5	96,5	96,5	96,5
20	Angka Iodium	%massa	Maks.	115	115	115	115
21	Kestabilan Oksidasi	Menit	Min.	360	480	480	600
22	Monogliserida	%massa	Maks.		0,8	0,8	0,55
23	Warna	No.ASTM	Maks.			3,0	3,0
24	Total Kontaminan	mg/kg	Maks.				20
25	Logam (Na, K, Ca, Mg)	mg/kg	Maks.				5

(sumber: Badan Litbang ESDM)

Salah satu bahan baku biodiesel adalah kelapa sawit. Udayana (2010) dalam Papilo & Bentacut (2016) terdapat beberapa resiko pemanfaatan kelapa sawit bagi sumber bahan baku biodiesel yaitu:

1. Resiko pengadaan bahan baku (waktu dan jumlah ketersediaan pasokan, harga jual, mutu, dan biaya pembelian)
2. Resiko proses (kualitas biodiesel, biaya produksi, kinerja mesin dan peralatan, dan pemeliharaan mesin serta lokasi pengolahan.
3. Resiko pemasaran (posisi persaingan, kepuasan konsumen, distribusi, kebijakan pemerintah, dan peningkatan harga bahan baku).

Pemanfaatan biodiesel memberikan dampak positif dan negative terhadap industri kelapa sawit. Dampak positif yang ditimbulkan antara lain peningkatan harga tandan buah segar kelapa sawit, peningkatan produksi kelapa sawit, dan peningkatan harga minyak kelapa sawit. Sedangkan dampak negatif yang ditimbulkan adalah peningkatan harga minyak goreng (Joni R

dalam Papilo & Bentacut, 2016). Selain itu peningkatan harga sawit ini juga akan meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.

Sumber bahan baku biodiesel di Indonesia cukup melimpah dan sangat memadai untuk mendorong pengembangan biodiesel di Indonesia. Meskupun demikian pengembangan biodiesel di Indonesia masih kurang baik. Menurut Dharmawan dkk (2018) tantangan pengembangan biodiesel di Indonesia antara lain:

1. Menyelaraskan subsidi bagi minyak diesel dengan insentif untuk biodiesel

   Subsidi terhadap minyak diesel mengakibatkan harga jual biodiesel di pasar kurang bersaing. Harga biodiesel yang masih di atas harga minyak diesel tentu menjadi penghambat berkembangnya biodiesel di Indonesia. Masyarakat Indonesia tentu masih memilih minyak diesel yang harganya lebih murah dibandingkan biodiesel, meskipun biodiesel digadang-gadang menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan minyak diesel. Insentif yang dikeluarkan oleh pemerintah tentu saja menjadi salah satu kebijakan untuk menyelaraskan harga biodiesel agar dapat dibeli oleh masyarakat.
2. Merancang penetapan harga biodiesel yang menarik produsen

   Tingginya harga biodiesel bila dibandingkan minyak diesel diakibatkan oleh tingginya biaya produksi biodiesel itu sendiri. Memunculkan motivasi masyarakat untuk membeli biodiesel dengan memasukkan unsur pelestarian lingkungan menjadi salah satu jalan untuk mensosialisasikan biodiesel. Namun ide tersebut tentu saja bukan hal yang mudah untuk dilakukan. Penetapan harga biodiesel yang menarik produsen merupakan salah satu jalan untuk menarik minat masyarakat untuk menggunakan biodiesel. Adanya peraturan tentang kewajiban badan usaha untuk melakukan pencampuran bahan bakar nabati ke dalam BBM transportasi melalui peraturan presiden nomor 61 tahun 2015 dan peraturan menteri ESDM nomor 25 tahun

2013 menjadi salah satu cara untuk meningkatkan penggunaan biodiesel di Indonesia.

3. Biaya produksi yang lebih tinggi untuk biodiesel bagi pasar domestik.

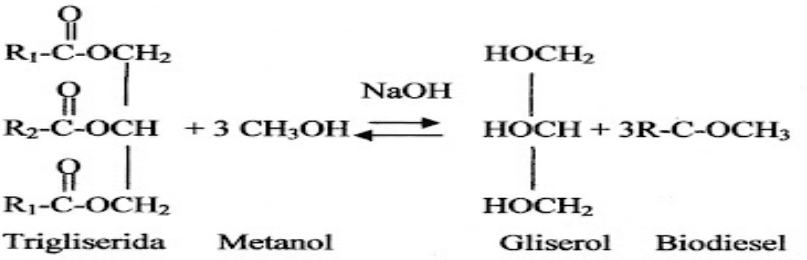
   Alur pembuatan biodiesel yang cukup rumit ditambah dengan pengelolaan limbah samping hasil pengolahan biodiesel yang termasuk kategori limbah berat mengakibatkan tingginya biaya produksi biodiesel di Indonesia. Tingginya biaya produksi ini mengakibatkan tingginya harga biodiesel di pasaran sehingga menurunkan minat masyarakat untuk menggunakan biodiesel.
4. Penetapan target dititikberatkan kepada sector PSO (*Public Servive Obligation*).

   Penggunaan biodiesel masih di dominasi oleh PSO sebagai penerima subsidi biodiesel. Sector transportasi non-PSO dan sector komersial masih minim dalam penggunaan biodiesel. Minimnya penggunaan biodiesel di luar sector PSO tentu masih berhubungan dengan tingginya harga biodiesel bila dibandingkan dengan minyak diesel.
5. Kurangnya peran Pemerintah Daerah

   Tahun 2018 Pemerintah Kalimantan Timur menjadi satu-satunya pemerintah daerah yang membuat wacana kebijakan untuk menyisihkan 20% produksi sawit untuk biodiesel. Untuk mendorong keberhasilan mandatori biodiesel pemerintah provinsi dapat membuat peraturan di tingkat daerah yang dapat mendorong pengembangan dan pemanfaatan biodiesel. Salah satu kebijakan yang dapat diambil adalah memberikan kemudahan dalam pengurusan perizinan usaha.
6. Konsekuensi beroperasi di kawasan berikat
7. Kontinuitas pasokan bagi pabrik nonkebun

Pembuatan Biodiesel menggunakan reaksi esterifikasi dan tranesterifikasi. Pada reaksi ini trigliserida akan bereaksi dengan alcohol seperti etanol dan methanol guna menghasilkan biodiesel. Reaksi esterifikasi adalah proses konversi asam lemak bebas menjadi metil ester sehingga dihasilkan biodiesel. Sedangkan

proses transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan katalis basa (Sartika dkk, 2015).



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi

Biodiesel memiliki banyak keuntungan diantaranya yaitu memiliki angka cetane yang cukup tinggi yaitu lebih dari 50 sehingga pembakaran akan semakin cepat dan efisiensi termodinamisnya akan semakin baik, biodiesel juga memiliki titik kilat yang tinggi sehingga pemanfaatan biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran, aman terhadap lingkungan karena tidak memiliki kandungan, pelumasan mesin yang dihasilkan oleh biodiesel lebih baik dibandingkan solar sehingga memperpanjang umur pemakaian mesin, dapat dicampur dengan solar biasa tanpa perlu memodifikasi mesin, mengurangi asap hitam yang dikeluarkan dari gas buang mesin diesel, mereduksi polusi tanah, melindungi kelestarian perairan dan sumber air minum, dan dapat diproduksi secara local dengan memanfaatkan sumber yang tersedia. Adapun kelemahan dari biodiesel adalah memiliki viskositas yang tinggi sehingga akan meurunkan tenaga mesin (Devita(2015), Nasutian dkk (2007).

Mulai tanggal 1 Januari 2020 Implementasi B 30 yang merupakan campuran dari 30 % biodiesel dan 70% bahan bakar solar mulai diberlakukan di Indonesia untuk digunakan pada kendaraan dengan mesin diesel. Beberapa perusahaan di Indonesia yang yang menjadi produsen awal peroduksi biodiesel adalah PT Sumi Asih, PT Eterindo Wahanatama, PT Energi Alternatif

Indonesia, dan PT Indobiofuel, Produksi biodiesel di Indonesia telah dinaungi oleh Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI), pada tahun 2021 APROBI telah menaungi 24 perusahaan biodiesel dan 1 perusahaan bioethanol. (Oktaviani, 2021).

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Biodiesel dihasilkan dari reaksi esterifikasi dan atau reaksi transesterifikasi. Jelaskan masing-masing reaksi tersebut?
2. Jelaskan alasan mengapa biodiesel perlu dikembangkan?
3. Jelaskan sifat fisika dan sifat kimia dari biodiesel?
4. Mengapa kelapa memiliki resiko jika dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel?
5. Jelaskan tantangan pengembangan biodiesel di Indonesia?

BAB V
BIOGAS

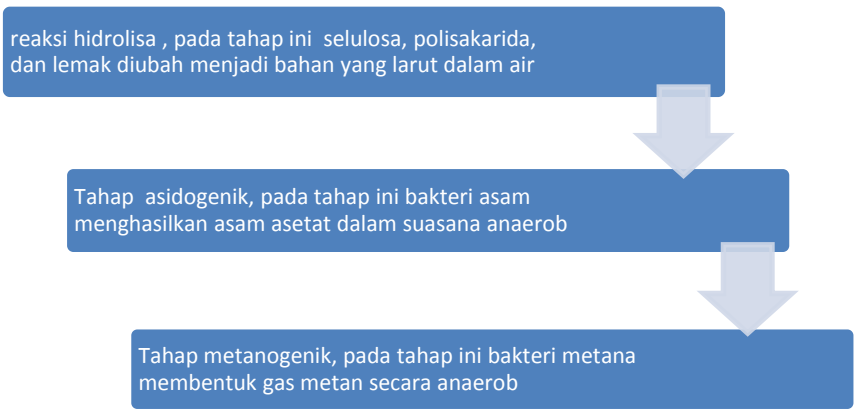
Meningkatkan kebutuhan akan energy mengakibatkan usaha yang dilakukan untuk mencari energy alternatifpun semakin bertambah. Energy alternative perlu dikembangkan menginngat semakin berkurangnya pasokan energy yang berasal dari fosil. Salah satu energy alternative yang mungkin di kembangkan di Indonesia adalah biogas. Biogas adalah gas hasil akhir dari degradasi dan fermentasi pada kondisi lingkungan anaerob dengan bantuan bakteri *Methanobacterium sp.* Bahan baku pembuatan biogas adalah bahan organic berupa kotoran ternak seperti sapi, kerbau, kambing, kuda, dan lain-lain. Biogas terdiri atas Metana, karbon dioksida, hydrogen, hydrogen sulfida (Prihutama dkk, 2017).

Wahyuni dalam Afrian dkk (2017) menyebutkan bahwa biogas dihasilkan melalui penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada keadaan anaerob. Sedangkan Yahya (2017) menyebutkan bahwa biogas dibuat dari hasil dekomposisi bahan organic yang dilakukan melalui fermentasi anaerob sehingga dihasilkan gas bi berupa gas metana (CH_4).

Tabel 6. Komposisi biogas

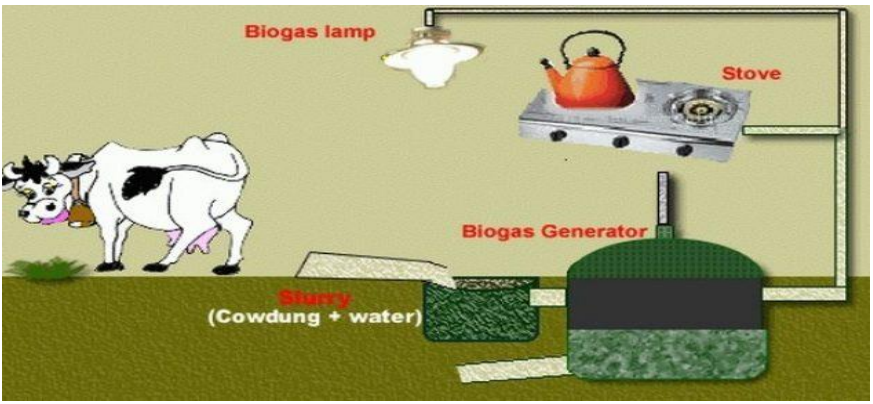
No	Nama gas	Jumlah (%)
1	Methana	60-70
2	Karbon dioksida	30-40
3	Nitrogen	3
4	Hidrogen	1-10
5	Oksigen	3
6	Hidrogen sulfide	5

Biogas nerupakan teknologi pengolahan limbah peternakan menjadi bahan bakar alternatif. Instalansi yang diperlukan dalam pembuatan biogas antara lain digester (reactor tempat memproduksi biogas), tempat penampungankotoran sementara, tempat pengadukan kotoran, saluran menuju reactor, alat pengukur tekanan gas, dan kompor biogas. Digester anaerob yang dibuat memiliki banyak keuntungan diantaranya mampu mengolah limbah sehingga tidak mencemari lingkungan, dapat menghasilkan energi yang bersih, mengurangi polusi udara, menjadikan lingkungan lebih bersih, dapat memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat. Selain menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor maupun listrik, hasil samping produksi biogas adalah pupuk organic. Untuk menghasilkan pupuk organic dari hasil samping biogas, cukup dengan mencampurkan serbuk gergaji, molasses, EM6 dan air kedalam sampah hasil samping biogas dan difermentasi selama 2 minggu. Pupuk padat yang dihasilkan dapat dicamour dengan tanah denga perbandingan 1:1 sebagai media semai maupun media tanam tumbuhan (Oktavia&Firmansyah, 2016). Pupuk yang dihasilkan bersih dan karya nutrisi yang baik untuk tanaman. Reaksi pembuatan biogas dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Tahap reaksi pembuatan biogas

Biogas adalah salah satu sumber energi yang dapat digunakan sebagai energi alternatif. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organic oleh mikroorganisme dalam keadaan anearob. Biogas merupakan energi yang ramah lingkungan dapat merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (Wahyuni dalam Afrian dkk, 2017).



Gambar 4. Ilustrasi produksi biogas

Biogas merupakan bahan bakar yang dapat digunakan memasak, penerangan, bahan bakar motor atau genset (Haryanto dalam Afrian dkk, 2017). Kandungan gas metan yang terdapat dalam biogas sebagai sumber energi. Gas metan yang diharapkan keberadaannnya dalam jumlah besar karena nilai kalornya yang tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Bindari dalam Oktavia&Firmansyah, 2016).

Tabel 7. Nilai kalor pembakaran biogas

No	Komponen gas	High heating value		Low heating value	
		(kkal/m^3)	(kkal/m^3)	(kkal/m^3)	(kkal/m^3)
1	methan	8.851,43	13.265,91	7.973,13	11.953,76
2	Natural gas	9.165,55	12.943,70	8.320,18	11.749,33
3	Karbon monoksida	2.811,95	2.414,31	2.811,95	2.414,31
4	Hidrogen	2.842,21	33.903,61	2.402,62	28.661,13

Sumber: Prihutama dkk, 2017

Biogas sebagai salah satu sumber energi alternatif dengan bahan baku yang cukup melimpah di Indonesia sebaiknya terus dikembangkan. Berikut beberapa factor yang mempengaruhi perkembangan biogas di Indonesia yaitu:

1. Pelatihan dan pendampingan untuk mempersiapkan tenaga atau sumber daya manusia yang teampil dan pengolahan biogas di Indonesia.
2. Memberikan pelatihan dan pendampingan untuk SDM yang mengembangkan biogas tentang membangun kelembagaan, membina jaringan dan kewirausahaan untk meningkatkan ekonomi masyarakat pengembang biogas.
3. Perlunya dilakukan promosi tentang biogas agar masyarakat lebih mengenal dan tertarik menggunakan biogas.
4. Menghapus paradigm jijik terhadap kotoran hewan karena kotoran tersebut dapat diolah untuk menghasilkan energi alternatif.
5. Perlunya kebijakan pemerintah yang jelas dan konsisten dalam penyediaan anggaran yang memadai untuk pengembangan biogas. (Wahyuni, 2011)

BAB VI
BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus terbukti mengakibatkan cadangan bahan bakar yang berasal dari energy fosil semakin lama semakin menipis. Selain itu polusi udara yang diakibatkan oleh sisa hasil pembakaran BBM fosil juga semakin lama semakin mengganggu kesehatan lingkungan. Salah satu energy alternative yang sedang di kembangkan untuk mengatasi kelangkaan energy adalah biomassa.

Menurut Darmanto & Setiawan (2021) Biomassa adalah tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang terdiri dari akar, batang, daun, buah, bunga, dan biji yang dihasilkan melalui kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman. Biomassa adalah bahan yang dihasilkan oleh tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi. Biomassa meliputi ribuan spesies tanaman baik didarat maupun dilaut, berbagai sumber pertanian, perhutanan, limbah residu, limbah proses industri, limbah dan kotoran hewan. Biomassa secara spesifik berarti kayu, rumput, eceng gondok, rapeseed, chlorella, rumput laut, serpihan kayu, serbuk gergaji, sekam padi, sampah dapur, lumpur pulp, dan lain-lain. Selain itu kayu putih, kelapa sawit, poplar hybrid, rumput gajah juka termasuk biomassa (Herlambang dkk, 2017). Biomassa adalah semua bahan organik yang beasal dari tanaman (termasuk alga, pohon, dan tanaman). Biomassa diproduksi oleh tanaman hijau melalui proses fotosintesis (Papilo dkk, 2016).

Biomassa adalah bahan organic yang diproduksi melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan. Biomassa merupakan sumber energi yang

dapat diperbaharui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (Arhamsyah, 2010). Arhamsyah juga menyebutkan bahwa secara umum teknologi konversi biomassa terdiri atas pembakaran langsung, konversi termokimia, dan konversi biokimia.

Menurut Bassu dalam Novita dkk (2021) jeis-jenis biomassa yang telah ada yaitu:

a. limbah tumbuhan yang hidup di darat seperti hasil hutan, rumput, tanaman energy dan biomassa dari tumbuhan yang dibudidayakan.
b. Algae dan lmut dan tanaman air lainnya.
c. Kulit kayu, dahan, ranting, akar, dan daun , serta limbah residu hutan lainnya.
d. Serbuk gergaji, kayu sisa pemotongan, limbah minyak, serta limbah hasil industri lainya.
e. Limbah padat, limbah gas dari limbah perkotaan.
f. Kotoran ternak, sisa hasil pertanian, dan pupuk kandang serta limbah padat pertanian lainnya.

Penentuan potensi biomassa perlu memperhatikan faktor kompleksitas produksi dan konsumsi, kesulitan menentukan ketersediaan sumber energi bimassa, keberlanjutan produktifitas jangka panjang, dan aspek ekonomi. Potensi biomassa dikelompok menjadi 3 kelompok

1. Residu primer hasil pertanian yang terdiri dari jerami padi sawah, jerami padi ladang, batang jangung, dan batang ubi kayu.
2. Residu sekunder pertanian yang terdiri dari sekam padi sawah, sekam padi ladang, dan tongkol jagung.
3. Perkebunan kelapa sawit yang terdiri dari tandan kosong kelapa sawit, serat, cangkang, dan limbah cair (POME). (Papilo dkk, 2016).

Manfaat Biomassa dapat ditingkatkan melalui teknologi konversi biomassa. Berikut beberapa teknologi konversi biomassa yang telah ada:

1. Briobriket adalah teknologi konversi biomassa dengan cara dimampatkan sehingga bentuknya menjadi lebih teratur.
2. Gasifikasi yaitu proses konversi biomassa melalui merubah material baik cair maupun gas dengan menggunakan temperature tinggi. Produk yang dihasilkan melalui proses gasifikasi adalah bahan bakar cair yang bersih dan efisien.
3. Pirolisa atau thermolisis merupakan proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa kehadiran oksigen.
4. Liquificatin merupakan proses perubahan wujud dari gas ke cairan melalui proses kondensasi. Contohnya batu bara dan gas menjadi bentuk cairan.
5. Biokimia yaitu pemanfaatan energi biomassa melalui proses biokimia misalnya hidrolisis, fermentasi dan anaerobic digestion.
6. Karbonisasi, merupakan proses mengkonversi bahan organic menjadi arang. (Arhamsyah, 2010)

Teknik yang biasa digunakan untuk mengubah biomassa menjadi energy alternative seperti bio-oil, arang, dan gas adalah dengan menggunakan teknik pirolisis. Teknik ini dilakukan dengan menggunakan suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen (Novita dkk, 2021).

Alga adalah salah satu tanaman yang dapat digunakan sumber biomassa karena perkembangbiakannya cepat, sedikitnya ruang yang dibutuhkan untuk budidaya tanaman tersebut, dapat tumbuh sumbur di lingkungan berair, dan menggunakan air yang lebih sedikit dibandingkan tanaman terrestrial lainnya. Alga dimanfaatkan sebagi bio char yang berperan untuk mengatur keasamaan tanah, dan sebagai pupuk hayati yang memiliki kandungan fosfor dan nitrogen yang cukup tinggi (Jeeru dkk, 2023).

BAB VII
BAHAN BAKAR MINYAK DARI SAMPAH PLASTIK

A. PLASTIK

1. Limbah plastic

Bahan organik yang dapat dirubah ke dalam bentuk yang beranekaragam dengan tingkat pemanasan tertentu biasa disebut dengan plastik. Perubahan-perubahan yang hasilkan bisa dalam bentuk selembaran, botol, batangan, pipa, peralatan makanan atau rumah tangga, bisa juga dalam bentuk balok atau bentuk-bentuk lain yang bisa dibentuk dengan keinginan pasar. Komponen-komponen polymer serta zat additive yang bermacam-macam merupakan komposisi dan material dari plastik.

Peredaran macam-macam plastik yang memiliki bentuk-bentuk yang berbeda-beda pada dasarnya terbagi menjadi dua kelompok, yakni kelompok plastik *thermosetting*, merupakan kelompok plastik yang ketika dirubah dalam bentuk padat maka resikonya tidak bisa dicairkan ketika dipanasakan, yang kedua adalah kelompik thermosetting merupakan jenis plastik yang ketika dipanaskan dengan suhu tertentu maka bisa berubah bentuknya sesuai dengan keinginan. Bentuk plastik yang bervariasi yang beredar dipasaran diberikan kode dalam bentuk kode nomor dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengelompokkan dan pemahaman dalam penggunaan (Purwaningrum, 2016).

2. Jenis-Jenis Plastik

Simbol yang beredaran di pasaran yang terdapat pada plastik memilki makna yang berbeda-beda tergantung dari simbolnya. Salah satu simbol yang terdapat pada plastik yaitu simbol angak 1-7 yang terdapat di dalam

gambar segitiga dan biasanya dicetak pada bagian bawah plastik memiliki makna yang berbeda-beda tergantung dari nomornya. Penomoran pada plastik juga berfungsi untuk mengetahui bahan yang sesuai dalam membentuk barang semisal untuk membuat botol mineral pasti berbeda dengan jenis plastik yang digunakan untuk membuat kursi, pipa, piring dan yang lainnya.

Badan yang mengelompokkan dena memberikan kode pada plastik yaitu The society of the Plastic Industry yang biasa disingkan dengan SPI sebuah organisasi perdangan yang berada di kawasan ibu kota Amerika yaitu Washington D.C. pengkodean ini berfungsi utnuk mempermudah dalam mengelompokkan plastik-plastik bekas atau limbah plastik untuk di daur ulang kembali.

B. PIROLISIS

Pirolisis merupakan kegiatan perubahan sneyawa-senywa yang terdapat pada plastik melalui pemanasan dengan suhu yang telah ditentukan. Salah satu bentuk dari proses pirolisis adalah perubahan plastik menjadi minyak dan batako. Kecepatan reaksi dalam proses pirolisis memiliki hubungan yang sangat kompleks, sehingga peneliti harus lebih teliti dalam pelaksanaannya. (Aprian & Munawar, 2012)

Pada dasarnya konsep dari penangan masalah sampah plastik secara alternatif bisa menggunakn konsep 3R (*reuse*, *reduce* dan *recyle*). Konsep *reuse* yaitu menggunakan kembali bahan-bahan yang terbuat dari plastik, konsep *reduce* yaitu dengan meminimalisasikan penggunaan bahan yang terbuat dari plastik dan konsep *recyle* dengan mendaur ulang sampah plastik menjadi bahan lain yang berguna bagi masyarakat. Berdasarkan analisis peneliti konsep *recyle* yang sesuai dalam penangan sampah plastik, teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pirolisis yaitu merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) yang bisa

bermanfaat dalam perekonomian masyarakat dikarenakan memiliki nilai energi yang tinggi (Wahyudi et al., 2018).

Beberapa penelitian tentang penanganan sampah plastik yang dirubah menjadi BBM, di antaranya penelitian yang dilakukan oleh reza dkk, tentang inovasi penanganan limbah sampah plastik, dengan tujuan menghasilkan BBM dari sampah plastik yang bisa berguna bagi kebutuhan masyarakat pedesaan. Teknik yang digunakan adalah teknik pirolisis dengan menggunakan suhu tinggi dalam proses perubahan sampah plastik menjadi minyak (Oktora et al., 2019). Penelitian tentang penerpan teknologi ini pernah dilakukan oleh ricki dkk, dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat yang dirancang dalam penangan limbah plastik yang dapat menghasilkan minyak pengganti minyak bumi dalam kehidapan sehari-hari (Rafli et al., 2017).

Berdasarkan analisis peneliti tentang penelitian alih bentuk sampah plastik menjadi minyak memiliki dampat postif salah satunya dapat mengurangi sampah plastik dirubah menjadi bahan bakar minyak melalui teknik pirolisis yang bermanfaat bagi masyarakat, meskipun memiliki dampak positif yang dihasilkan konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menghasilkan limbah cair dari plastik yang yang dikonversi ketika didinginkan maka akan keras, hal ini menandakan bahwa masih terdapat kekurangan dari teknik ini walaupun pada dasarnya plastik yang digunakan untuk konversi menjadi bahan bakar minyak jenis *thermoplastic* yang dapat di daur ulang menjadi bahan lain akan tetapi jika dipanaskan secara terus menerus untuk menghilangkan limbah plastik cair yang dihasilkan akan membutuhkan waktu yang lama dan membutuhkan tenaga/energi baik berupa gas, kayu bakar atau listrik yang banyak sehingga tidak ekonomis.

Penanganan sampah plastik yang jumlahnya semakin meningkat selain dikonversi menjadi bahan bakar minyak (BBM) dapat juga dilakukan dengan cara sampah plastik

dikonversi menjadi paving block, penelitian tentang alih bentuk sampah plastik menjadi paving block sudah pernah dilakukan diantaranya oleh kartika dkk tentang pemanfaatan plastik HDPE sebagai bahan pembuatan batako, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan paving block yang ekonomi bagi warga juga untuk mengurangi bahaya sampah plastik terkhusus plastik kresek/asoy atau HDPE (Sari & Nusa, 2019).

Selain itu ada juga penelitian yang berjudul pemanfaatan limbah plastik LDPE yang dilakukan oleh muhammaf rifqi dkk, dalam peneltian ini menghasilkan batako/paving block dari limbah plastik LDPE yang menggantikan fungsi perekat semen. Paving block yang dihasilkan kemudian diuji apakah sudah memenuhi standar dari SNI (Brizi et al., 2021).

Penelitian konversi sampah plastik menjadi paving block peneliti menganalisis bahwa penelitian tersebut memiliki dampak postitif bagi ligkungan dikarenakan dapat mengurangi limbah plastik, dan juga berpengaruh positif terhadap ekonomi masyarakat, akan tetapi berdasarkan analisis peneliti bahwa konversi sampah plastik menjadi paving memiliki dampak negatif yaitu menghasilkan limbah emisi gas yang menyebabkan terjadinya pemanasan global (Wahyudi, 2019), dari pembakaran sampah plastik juga menghasilkan gas CO dan CH_4 yang merupakan asap beracun yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat (Della Octavia, Yulisa Fitrianingsih, 2001), dampak dari gas yang dihasilkan dari pembakaran sampah plastik dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan manusia.

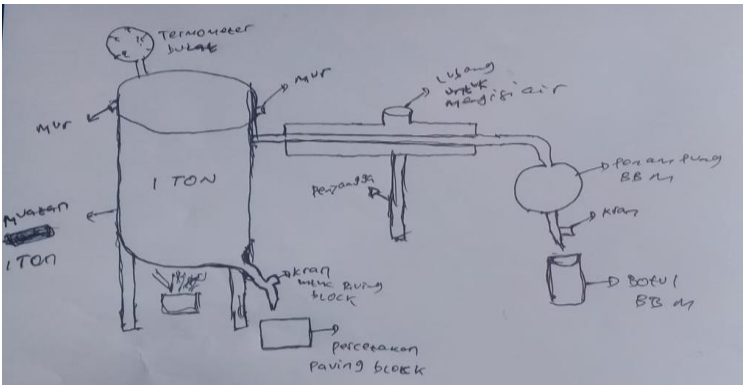
C. PEMBUATAN BAHAN BAKAR MINYAK DARI SAMPAH PLASTIK

1. Mendesain Alat

Kegiatan penelitian ini diawali dengan mendesain alat konversi yang akan dibuat oleh penelitia, adapun

desain dari alat konversi dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:

Gambar 7.1 Desain alat konversi plastik



Berdasarkan desain alat konversi tersebut dibutuhkan beberapa alat dalam mrealisasikan desain alat konversi sampah plastik, alat-alat yang digunakan dalam pembuatan alat konversi sampah plastik tersebut adalah:

a. Drum ukuran besar, digunakan sebagai penampung sampah plastik yang akan dikonversi (alat ukuran besar)

Gambar 7.2 drum ukuran besar



b. Kaleng cat ukuran 25 kg, digunakan sebagai wadah plastik yang akan dikonversi (alat kecil)

Gambar 7.3 kaleng cat ukuran 25 kg



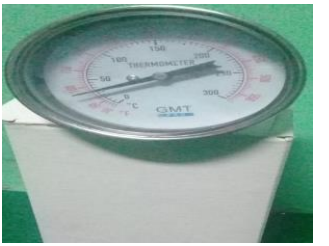
c. Pipa besi sebagi saluran uap dan penyangga alat

Gambar 7.4 pipa saluran dan penyangga



d. Thermometer tempel, digunakan untuk mengetahui suhu pada saat pembakaran

Gambar 7.5 Thermometer temple



e. Kotak catakan paving block

Gambar 7.6 Cetakan paving block

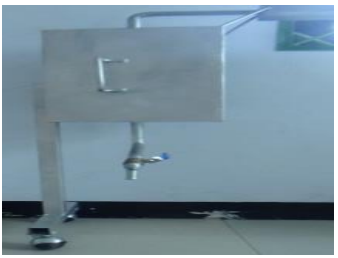


f. Tabung gas yang sudah terisi dan selang gas, sebagai alat pembakaran



Gambar 7.7 Tabung Gas dan perangkat

g. Kran besi sebagai tempat keluar cairan paving block dan cairan BBM



Gambar 7.8 Kren Besi

Pada penelitian ini alat yang dibuat oleh tim penelitia berjumlah dua dengan ukuran yang berbeda, satu dengan ukuran yang besar dan dua ukuran kecil, hal ini dikarenakan berdasarkan analisis yang telah dilakukan oleh tim peneliti pada saat penelitian berlangsung.



Gambar 7.9 alat konversi ukuran besar

Gambar 7.10 alat konversi ukuran kecil



2. Mengumpulkan Plastik

   Pada kegiatan ini peneliti dan tim mengumpulkan plastik-plastik di tempat pembuangan sampah Air Sebakul yang menjadi bagian dari wilayah Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bengkulu, pada kegiatan ini peneliti dan tim membutuhkan waktu 11 hari di mulai dari Izin ke Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bengkulu sampai pengambilan sampel sampah plastik (kantong kresek/kantong asoy).

3. Melakukan Kegiatan Konversi

   Pada kegiatan menkonversi sampah plastik menjadi BBM dan Paving Block, dilakukan oleh peneliti dan tim sebanyak 3 kali uji coba alat dikarenakan masih banyak perbaikan-perbaikan dari alat yang telah dibuat. Pada kegiatan *pertama*, terjadi kegagalan hanya menghasilkan setengah cairan paving block dan tidak menghasilkan BBM, hal ini dikarenakan berdasarkan analisis peneliti dan tim dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, faktor angin disekitar yang pada saat itu kencang, masih banyak lubang yang terbuka pada alat sehingga masih banyak asap yang keluar, saluran asap terlalu panjang yaitu 2 meter serta diameter tabung penampung masih besar sehingga membutuhkan aliran api yang harus merata dan besar.



Gambar 7.12 kegiatan pertama



Gambar 7.13 saluran asap yang terlalu panjang

Setelah diperbaiki berdasarkan hasil dari diskusi peneliti dengan tim maka *kegiatan yang kedua* dalam menguji alat yang sudah diperbaiki dengan menggunakan 2,54 kg plastik asoy, dihasilkan jumlah BBM sebanyak 400 ml dan paving block mendapatkan 4 buah dengan durasi waktu yang digunakan adalah 1 jam 12 menit.



Gambar 7.14 hasil uji coba kedua

Pada kegiatan kedua masih ada kekurangan dari alat yang digunakan salah satunya adalah masih terdapat asap yang keluar, maka peneliti dan tim memperbaiki alat untuk meminimalkan keluarya asap. *Kegiatan ketiga* dalam uji coba alat konversi dengan menggunakan plastik sebanyak 2,23 kg menghasilkan BBM sebanyak 600 ml dan menghasilkan paving block sebanyak 6 buah dalam waktu 40 menit dan terdapat kemajuan dari perbaikan alat konversi plastik menjadi BBM dan Paving Block walaupun masih terdapat asap yang keluar.

Gambar 4.15 hasil kegiatan uji coba ketiga



4. Melakukan Kegiatan Analisis
   a. Analisis GCMS Jenis BBM yang Dihasilkan

      GCMS (Gas Cromatography and Mass Spectroscopy) adalah alat yang digunakan untuk menganalisa senyawa didalam sampel. Salah satu metode pemisahan kimia yang paling utama adalah kromatografi. Senyawa-senyawa dalam yang ada dalam campuran dipisahkan di dalam kolom kromatografi.

      Adapun mekanisme pemisahan antara beberapa senyawa terjadi karena perbedaan harga kelarutan masing-masing dalam pelarut yang bergerak, dan perbedaan keterserapan masing-msaing senyawa kepada fasa diam. Dalam kromatografi gas (GC), fasa gerak adalah gas helium. Shimadzu menyediakan bermacam-macam fasa diam yang mengikuti sifat-sifat

senyawa dalam sampel. Spektroskopi massa (MS) adalah metode untuk menganalisis senyawa murni yang sudah dipisahkan dari GC. Senyawa yang masuk ke „inlet“ MS akan dipecah-pecah dengan bombardir elektron sehingga menjadi ion-ion. Pola pemecahan molekul akan sangat bergantung pada kestabilan ikatan yang ada dalam suatu molekul. Dari pola-pola pecahan molekul ini, struktur molekul dapat. Kegiatan menguji GCMS dilakukan di Laboratorium PUSLABFOR MABES POLRI Sentul Kabupaten Bogor.

Adapun hasil dari uji GCMS dapat dilihat pada tabel seperti berikut:

Tabel 7.1 Hasil Uji GCMS

No	Nama senyawa	Rumus kimia	match quality	%
1	1-Butene	C4H8	80	0,68
2	1-Pentene	C5H12	72	1,48
3	1,4-Pentadiene	C5H8	95	0,37
5	1-Hexene	C6H12	91	2,28
11	1-Heptene	C7H14	94	2,12
12	Heptane	C7H16	91	1,61
13	2-Heptene	C7H14	95	0,31
18	1,3-Pentadiene, 2,3-dimethyl	C7H12	64	0,21
20	1-Ethylcyclopentene	C7H12	91	0,42
21	Hexane, 2,3-dimethyl	C8H18	62	0,36
24	1-Octene	C8H16	96	2,52
25	Octane	C8H18	94	1,96
26	2-Octene	C8H16	94	0,24
28	2-Octene	C8H16	95	0,18
33	2,4-Dimethyl-1-heptene	C9H18	94	0,82

35	1,4-Hexadiene, 3-ethyl	C8H14	64	0,27
38	Octane, 3-methyl	C8H18	62	0,18
40	1,8-Nonadiene	C9H16	83	0,89
41	1-Heptene, 5-methyl	C7H14	59	0,4
43	Styrene	C8H8	70	0,27
44	Nonane	C_9H_{20}	95	1,86
45	2-Nonene,	C9H18	94	0,37
46	cis-4-Nonene	C9H18	70	0,62
49	3-Undecene, 6-methyl	C11H22	38	0,3
51	Octane, 2,6-dimethyl	C8H18	49	0,28
52	hexan-2-one	C9H14O	59	0,3
54	2-Octene, 3,7-dimethyl	C8H16	62	0,66
55	1-Decene	C10H20	97	2,84
57	Decane	$C_{10}H_{22}$	95	1,87
58	4-Decene	C10H20	90	0,36
59	2-Decene	C10H20	95	0,34
65	1,10-Undecadiene	C11H20	90	0,92
66	1-Undecene	C11H22	95	2,83
67	Undecane	C11H24	95	2,27
68	5-Undecene	C11H22	97	0,44
69	5-Undecene	C11H22	96	0,35
71	Dodecane	C12H26	81	0,21
73	1-Dodecene	*C12H24*	94	2,4
75	Dodecane	C12H26	95	1,87
76	2-Dodecene	*C12H24*	98	0,46
77	3-Dodecene	*C12H24*	96	0,29
79	1,9-Tetradecadiene	C14H26	94	0,91
80	1-Tridecene	C13H26	98	2,19

81	Tridecane	C13H28	96	1,97
84	3-Tridecene	C13H26	95	0,24
87	1,13-Tetradecadiene	C14H26	98	0,9
88	1-Tetradecene	C14H28	98	2,15
89	Tetradecane	C14H30	97	1,87
90	2-Tetradecene	C14H28	98	0,28
91	3-Tetradecene	C14H28	98	0,16
93	14-Methyl-8-hexadecen	C17H34	76	0,66
94	1-Pentadecene	C15H30	99	1,95
95	Pentadecane	C15H32	97	1,73
100	Cetene	C16H32	99	1,64
101	Hexadecane	$C_{16}H_{34}$	99	1,52
102	7-Hexadecene	C16H32	98	0,23
104	1,19-Eicosadiene	C20H38	93	0,55
106	Heptadecane	C17H36	98	1,37
107	3-Heptadecene	C17H34	98	0,23
108	8-Heptadecene	C17H34	93	0,19
112	Octadecane	C18H38	98	1,22
113	5-Octadecene	C18H36	94	0,23
114	3-Octadecene	C18H36	94	0,25
115	19-**Eicosadiene**	C20H38	74	0,34
116	1-Nonadecene	C19H38	99	1,04
117	Nonadecane	C19H40	98	1,09
118	5-Nonadecene	C19H38	99	0,16
119	Nonadecene	C19H38	98	0,17
120	19-Eicosadiene	C20H38	98	0,27
121	1-Octadecene	C18H36	96	0,86
122	Eicosane	C20H42	99	1,14

123	1,19-Eicosadiene	C20H38	99	0,16
124	5-Nonadecene	C19H38	98	0,69
125	Heneicosane	C21H44	99	0,96
126	1,19-Eicosadiene	C20H38	98	0,16
128	4-Methylheneicosane	C22H46	98	0,9
129	9-Tricosene	C23H46	99	0,67
130	Octadecane	C18H38	97	0,82
131	Cyclotetracosane	C24H48	97	0,54
132	Tetracosane	C24H50	99	0,81
133	Eicosane	C20H42	96	1,1
134	2-Methylpentacosane	C26H54	94	0,96
135	Eicosane	C20H42	96	0,83
136	Eicosane	C20H42	99	0,7
137	Eicosane	C20H42	98	0,57
138	Eicosane	C20H42	98	0,44

5. Kegiatan Uji Coba Alat Konversi

Kegiatan uji coba alat konversi sampah plastik menjadi BBM dan Paving block bertempat di Laboratorium Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Tadris UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu dilakukan tiga kali uji coba. Selain itu kegiatan ini melibatkan mahasiswa Prodi Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Tadris UIN Fatmawati Sukarno semester 6 yang mengambil mata kuliah bioteknologi. Pada kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja dari alat konversi yang dibuat dan perbaikan-perbaikan alat yang memang diperlukan setelah selesainya kegiatan uji coba tersebut.

Pada kegiatan uji coba pertama terjadi keagagalan hal ini disebabkan dengan masih banyaknya uap yang keluar dari alat sehingga tidak mampu menghasilkan BBM

dan Paving Block, selain itu faktor lain seperti saluran upa yang terlalu panjang, ukuran sampah plastik yang terlalu besar, diameter tong yang terlalu besar serta faktor angin mempengaruhi kegagalan dari uji coba tahap awal.

Pada uji coba selanjutnya baik uji coba kedua dan ketiga alat konversi mampu menghasilkan BBM dan paving Block dengan rentang waktu dan jumlah plastik serta jumlah BBM dan Paving Block yang berbeda-beda. Hasil dari perbandingan dapat dilihat seperti oada tabel di bawah ini:

Tabel 7.2 hasil uji coba alat konversi

No	Uji Coba	Durasi waktu	Jumlah BBM	Jumlah Paving Block	Jumlah Plastik
1	Ke-1	2 jam	-	-	3,5 kg
2	Ke-2	1 jam 12 menit	400 ml	4 buah	2,54 kg
3	Ke-3	40 menit	600 ml	6 buah	2, 23 kg

Sumber data: hasil penelitian

6. Uji Analisis GCMS BBM

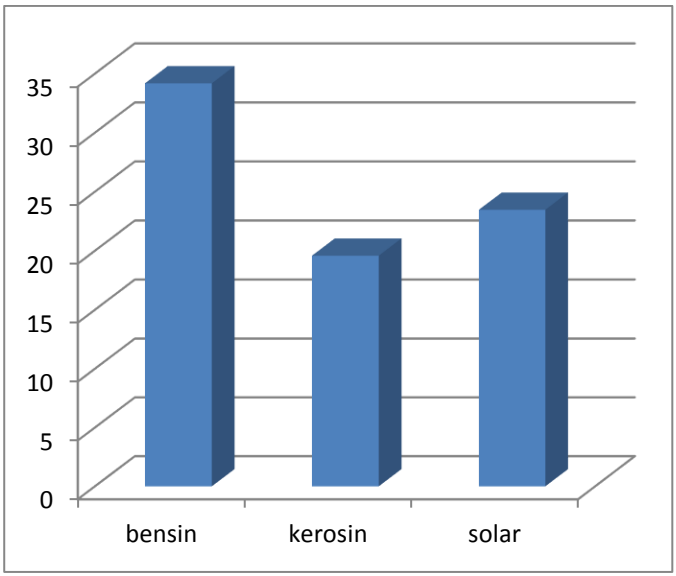
Hasil GCMS menunjukkan terdapat 138 jenis senyawa yang terdapat pada hasil destilasi sampah plastic. Senyawa-senyawa tersebut digolongkan menjadi senyawa hidrokarbon, alcohol, dan senyawa lainnya. Senyawa yang tergolong hidrokarbon berjumlah 77,23 %. Hidrokarbon tersebut digolongkan menjadi 3 jenis senyawa yaitu bensin, kerosin, dan solar. Persentase dari ketiga jenis senyawa tersebut sebagai berikut:

Tabel 7.3 senyawa hidrokarbon

No	Jenis	Jumlah (%)
1	Bensin	34,18
2	Minyak tanah	19,58
3	Solar	23,47

Ketiga senyawa karbon yang ditemukan dapat diperjelas persentasenya melalui gambar grafi di bawah ini

Gambar 7.2 grafik senyawa hidrokarbon



Jawabalah Pertanyaan dibawah ini:

1. Jelaskan konsep pengolahan sampah plastic menjadi bahan bakar minyak (BBM) dengan menggunakan prinsip pirolisis?
2. Apa yang dimaksud dengan senyawa hidrokarbon?
3. Apakah ada tingkat perbedaan senyawa hidrokarbon hasil dari konversi sampah plastik dari masing-masing jenis plastik? Jelaskan
4. Jelaskan kelemahan teknik pirolisis dalam pengolahan sampah plastic menjadi bahan bakar minyak?
5. Jenis plastik apa yang paling efektif dalam menghasilkan bahan bakar minyak? Jelaskan

DAFTAR ISTILAH

Biofuel atau bahan bakar hayati adalah setiap bahan bakar baik padatan, cairan ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik.

Biogas adalah gas hasil akhir dari degradasi dan fermentasi pada kondisi lingkungan anaerob dengan bantuan bakteri *Methanobacterium sp.*

Biomassa adalah tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang terdiri dari akar, batang, daun, buah, bunga, dan biji yang dihasilkan melalui kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman.

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik

Ester adalah suatu senyawa organik yang terbentuk melalui penggantian satu (atau lebih) atom hidrogen pada gugus karboksil dengan suatu gugus organik (biasa dilambangkan dengan R').

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol.

Fitosterol juga dikenal sebagai sterol tumbuhan (bahasa Inggris: *phytosterol*) adalah kelompok steroid alkohol, fitokimia yang ada secara alami di dalam tumbuhan dan tidak ditemukan pada mamalia.

Fermentasi adalah proses perombakan senyawa organik dalam kondisi anaerob atau aerob yang menghasilkan produk berupa asam organik, alkohol dan gas

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai.

Katalis adalah zat kimia yang mempengaruhi laju reaksi kimia pada suhu tertentu dengan mengubah energi aktivasi yang diperlukan pada saat reaksi untuk diproses

Kolesterol ialah jenis khusus lipid yang disebut steroid. Steroids ialah lipid yang memiliki struktur kimia khusus. Struktur ini terdiri atas 4 cincin atomkarbon.

Pirolisis adalah dekomposisi termokimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau pereaksi kimia lainnya

Senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang tersusun dari atom kabon dan hidrogen.

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol.

DAFTAR PUSTAKA

Afrian, C., Haryanto, A., Hasanudin, U., & Zulkarnain, I. (2017). Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (Pennisetum Purpureum). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, *6*(1)

Agustian, A. (2015). Pengembangan bioenergi di sektor pertanian: potensi dan kendala pengembangan bioenergi berbahan baku ubi kayu. Jurnal Analisis Pertanian Volume 13 Nomor 1.

Amadelli, R., Samiolo, L., Maldotti, A., Molinari, A., Valigi, M., & Gazzoli, D. (2008). Preparation, characterisation, and photocatalytic behaviour of Co-TiO2 with visible light response. *International Journal of Photoenergy*, *2008*.

Arita, S., Dara, M. B., & Irawan, J. (2008). Pembuatan metil ester asam lemak dari CPO off grade dengan metode esterifikasi-transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, *15*(2), 34-43.

Arlianti, L. (2018). Bioetanol sebagai sumber green energy alternatif yang potensial di Indonesia. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik UNISTEK*, *5*(1), 16-22.

Arnata, I., & Anggreni, A. D. (2013). Rekayasa bioproses produksi bioetanol dari ubi kayu dengan teknik ko-kultur ragi tape dan Saccharomyces cerevisiae. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *7*(1), 21-28.

Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. (2019). Pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok dengan cara fermentasi menggunakan ragi roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *7*(2), 85-100.

Buchori, L., & Widayat, W. (2007). Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan proses catalytic cracking. *Teknik*, *28*(2), 83-92.

Devita, L. (2015). Biodiesel sebagai bioenergi alternatif dan prospeftif. *Agrica Ekstensia*, *9*(2), 23-26.

Darmanto, A. S. M., & Setiawan, A. W. (2021). Evaluasi Kerusakan Tanah Karena Produksi Biomassa di Desa Tijayan, Kecamatan Manisrenggo, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, *4*(2), 208-218.

Erna, E., Said, I., & Abram, P. H. (2016). Bioetanol dari limbah kulit singkong (Manihot esculenta Crantz) melalui proses fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, *5*(3), 121-126.

Ernawati. (2011). *Cracking Katalitik Biodiesel dari Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit dengan Katalis Ti-H Zeolit Sebagai Sumber Belajar Kimia di SMA Negeri 6 Seluma*. [Tesis]. Bengkulu: pendidikan IPA Universitas Bengkulu.

Hendrawati, T. Y., Ramadhan, A. I., & Siswahyu, A. (2019). Pemetaan Bahan Baku Dan Analisis Teknoekonomi Bioetanol Dari Singkong (Manihot Utilissima) Di Indonesia. *Jurnal Teknologi*, *11*(1), 37-46.

Jayus, J., Noorvita, I. V., & Nurhayati, N. (2017). Produksi bioetanol oleh Saccharomyces cerevisiae FNCC 3210 pada media molases dengan kecepatan agitasi dan aerasi yang berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, *10*(02), 184-192.

Jeeru, L. R., Abdul, F. K., Anireddy, J. S., Ch, V. P., & Dhanavath, K. N. (2023). Optimization of process parameters for conventional pyrolysis of algal biomass into bio–oil and bio–char production. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, *185*, 109311.

Khaira, Z. F., & Muria, S. R. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharificatian and Fermentation (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, *2*(2), 1-8.

Latifah, N., Sundaryono, A., & Elvia, R. (2017). Produksi Biofuel Dari Limbah Cpo Dengan Katalis Berbasis Titanium Oksida Dan Implementasinya Pada Pembelajaran Kimia. *PENDIPA Journal of Science Education*, *1*(1), 19-24.

Loupatty, V. D. (2014). Pemanfaatan Bioetanol sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah. *Majalah Biam*, *10*(2), 50-59

Nasikin, M., Susanto, B, H. 2010. *Katalisis Heteroge*n. UI-Pres.

Nasution,M.A., dkk.2007. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Sawit terhadap Konsumsi dan Emisi Mobil Diesel Tipe Common Rail. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 15(2): 91-102

Novita, S. A., Santosa, S., Nofialdi, N., Andasuryani, A., & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, *4*(1), 53-67.

Nugroho, A. P. P., Fitriyanto, D., & Roesyadi, A. (2014). Pembuatan Biofuel dari Minyak Kelapa Sawit melalui Proses Hydrocracking dengan Katalis Ni-Mg/γ-Al2O3. *Jurnal Teknik ITS*, *3*(2), F117-F121.

Oktavia, I., & Firmansyah, A. (2016). Pemanfaatan Teknologi Biogas Sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif Di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina Asset 2 Prabumulih Field. *Jurnal Resolusi Konflik, CSR dan Pemberdayaan (CARE)*, *1*(1).

Oktaviani, K. (2021). Biodiesel, jejak panjang sebuah perjuangan.

Papilo, P. (2016). Klaster industri sebagai strategi peningkatan daya saing agroindustri bioenergi berbasis kelapa sawit. *Jurnal Teknik Industri*, *9*(2).

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2008 tentang *Penyediaan, pemanfaatan dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain.*

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2015 *tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain.*

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2016 *tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati jenis biodiesel dalam kerangka pembiayaan oleh badan pengelola dana perkebunan kelapa sawit.*

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017 *tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik.*

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 *tentang kebijakan energi nasional*

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2006 *tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain.*

Prastowo, Bambang. (2007). *Potensi sector Pertanian Sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan*. Jurnal Perspektif Volume 6 Nomor 2.

Prihutama dkk. 2017. Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan Daerah Desa Monngol, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan. ISBN 978-602-51450-0-1

Rajpoot, D., & Gupta, R. (2021). A Review of Biodiesels used in Diesel engine. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, *12*(7).

Saaman, R., Ammatillah, C. S., & Astuti, E. P. (2022). Pemanfaatan Limbah Bawang Merah sebagai Sumber Bioenergi Pertanian. In *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial* (pp. 67-72).

Said, E, I., Abram, P, H. 2016. *Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (Manihot esculenta crantz) Melalui Proses Fermentasi*. Jurnal Akademia Kimia Volume 5 Nomor 3.

Santoso, D., Sutjahjo, H, D. 2013. Proses pembuatan Bahan Bakar Bhioethanol dari Pemanfaatan Limbah Pabrik Wafer Mix Snack Wringin Anom Gresik. JTM volume 1 (3). 91-100.

Sari, dessy, Agustina., Hadiyanto. 2013 *Proses Produksi Bioenergi Berbasiskan Bioteknologi.* Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan Volume 2 Nomor 3.

Sartika, A., Nurhayati., Muhdarina. 2015. Esterifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Katalis H2SO4 dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Darah: Variasi Kondisi Esterifikasi. JOM FMIPA volume 2(1).

Satriadi, H., Widayat., Nafiega, F., Dipo, R. 2014. Peningkatan Kualitas dan Proses Pembuatan Biodiesel dari Blending Minyak Kelapa Sawit (Palm Oil) dan Minyak Kelapa (coconut Oil) dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. TEKNIK volume 35 (2). 68-71.

Soerawidjaja, T., H. 2010. *Peran Bioenergi dan Arah-arah Utama LitBangRap-nya di Indonesia. Lokakarya Gasifikasi Biomassa*. LABTEX X, Kampus ITB, Bandung.

Sudjana, E., Abdurachman, M., Yuliasari, Y. 2002. *Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Transisi Cr, Mn, dan ag dengan Glisin Melalui Spektrofotometri Ultraungu dan Sinar Tampak*. Jurnal Bonatura Vol 4 No 2;69-86.

Sugiyono, A. 2017. *Pemanfaatan Bioenergi Menuju Ekonomi Berbasis Bio di Indonesia*. Seminar Nasional Integrasi Proses 2017.

Sukaryo, S., Jos, B., & Hargono, H. (2013). Pembuatan Bioetanol Dari Pati Umbi Kimpul (Xanthasoma Sagittifolium). *Momentum*, *9*(2).

Sumarsono, M. (2012). Pengembangan Rancangan Sistem Pengolahan Biji Jarak Pagar Dan Teknologi Pemanfaatan Minyak Jarak. *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi*, 98257.

Suryatika dkk. 2011. *Pelatihan Teknologi Fermentasi Kombinasi Feses Sapid an Babi dalam Digester Mobile sebagai Upaya Produksi Bioenergi Alternatif*. Udaya Mengabdi Volume 10 Nomor 1.

Wahyuni, Sri. 2011. Biogas Energi Terbarukan Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. Kongres Ilmpu Pengetahuan Nasional (KIPNAS) ke 10. Jakarta 8-10 November.

Winarni, I., Bardant, B, T. 2017. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kayu Sengon (Faltarica Moluccana (Miq) Barneby&J.W.Grimes) dengan Metode Substrat Konsentrasi Tinggi. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Volume 35 (4). 231-242.

Wiratmaja, I, Gede. 2010. *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin cakram vol.4 N0.2.

Wiratmaja, I. Gede,. Elisa, Edi. *Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan di Indonesia*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Udiksha Volume 8 Nomor 1.

Wusnah dkk. 2016. *Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminate B.C) secara Fermentasi*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Volume 5 Nomor 1.

Yahya, Y. (2017). Produksi biogas dari campuran kotoran ayam, kotoran sapi, dan rumput gajah mini (Pennisetum purpureum cv. Mott) dengan Sistem Batch.